

怀化洪江区 3614 厂污染场地

风险评估报告

(备案稿)

委托单位：怀化市生态环境局洪江区分局

编制单位：湖南德宏工程管理咨询有限公司

编制时间：二〇二〇年十一月

报告编制单位承诺书

本单位郑重承诺：

我单位对怀化洪江区 3614 厂污染场地风险评估报告的真实性、准确性、完整性负责。

本报告的直接负责的主管人员是：

姓名：陈锴 身份证号：430181198405145735 负责篇章：第 2、5 章 签名：

本报告的其他直接责任人员包括：

姓名：刘欢 身份证号：430611198711085513 负责篇章：第 3、4 章 签名：

姓名：王伟 身份证号：43072519850206711X 负责篇章：第 2、3 章 签名：

姓名：邱佑林 身份证号：430181198312285712 负责篇章：第 1 章 签名：

如出具虚假报告，愿意承担全部法律责任。

承诺单位：湖南德宏工程管理咨询有限公司（公章）



法定代表人：（签名）陈慧

2020 年 6 月 5 日



统一社会信用代码

91430104MA4L66BN08

营业执照

(副本)

副本编号: 1-1

扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”
了解更多信息
备案、许可、监
管信息



名称 湖南德宏工程管理咨询有限公司
类型 有限责任公司(自然人投资或控股)
法定代表人 陈慧
经营范围 工程咨询; 工程项目管理服务; 企业管理咨询服务; 能源评估
服务; 能源技术咨询; 环境评估; 环境技术咨询; 设计、施工及运营; 建
设项目环境监理; 水土保持方案编制; 水土保持监测; 安全评
价; 安全咨询; 建设项目社会稳定风险评估; 地质灾害危险性
评估; 水资源管理; 城市规划、旅游规划、特色小镇的规划设
计; 土地规划咨询; 城乡规划编制; 节能环保产品销售。(依法
须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动)

注册资本 伍佰万元整
成立日期 2016年08月30日
营业期限 2016年08月30日至2066年08月29日
住所 湖南省长沙市岳麓区岳麓街道南二环一段518号阳
光壹佰新城1号地块A2区1-14至1-17栋603号

登记机关



<http://www.gsxt.gov.cn>

国家企业信用信息公示系统网址:

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过
国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告

国家市场监督管理总局监制

目 录

1 总论.....	1
1.1 项目背景.....	1
1.2 编制目的和原则.....	2
1.2.1 编制目的.....	2
1.2.2 编制原则.....	3
1.3 编制依据.....	3
1.3.1 法律法规.....	3
1.3.2 技术导则、标准及规范.....	4
1.3.3 其他相关规定及政策.....	4
1.3.4 相关资料.....	5
1.4 工作程序.....	5
1.5 项目工作内容.....	8
2 场地污染分析.....	9
2.1 场地污染识别结果.....	9
2.2 场地历史和现状.....	11
2.3 敏感目标.....	14
2.4 场地调查结果与数据统计.....	16
2.4.1 固体废渣调查结果.....	16
2.4.2 土壤调查结果.....	1
2.5 场地未来规划.....	5
2.6 场地污染筛选标准.....	7
2.6.1 土壤筛查标准.....	7
2.6.2 地下水筛查标准.....	8
2.6.3 地表水筛查标准.....	9
2.7 场地污染筛选结果.....	11
2.7.1 土壤筛查结果.....	11
2.7.2 地下水筛查结果.....	13

2.7.3 地表水筛查结果.....	14
3 场地风险评估.....	15
3.1 危害识别.....	15
3.1.1 污染源分析.....	15
3.1.2 暴露点浓度.....	15
3.1.3 场地地质分层及特征参数.....	16
3.2 暴露评估.....	21
3.2.1 暴露情景.....	21
3.2.2 暴露途径及评估概念模型.....	22
3.2.3 暴露参数取值.....	23
3.2.4 暴露量计算.....	27
3.3 毒性评估.....	30
3.3.1 非致癌毒性评估.....	30
3.3.2 致癌效应评估.....	32
3.4 风险表征.....	33
3.4.1 风险计算模型与方法.....	33
3.4.2 场地风险评估结果.....	35
3.5 风险评估不确定性分析.....	36
3.5.1 暴露风险贡献率分析.....	36
3.5.2 其他不确定因素分析.....	37
3.6 模型参数敏感性分析.....	37
3.6.1 分析方法.....	37
3.6.2 分析结果.....	38
3.7 土壤风险控制值.....	39
3.7.1 关注目标污染物.....	39
3.7.2 风险控制值计算方法.....	39
3.7.3 初步风险控制值.....	42
4 修复目标及修复范围确定.....	44
4.1 场地修复目标值的确定.....	44

4.2 场地修复范围划定.....	45
4.3 各层土壤修复土方量.....	47
5 场地污染物修复初步方案.....	48
5.1 修复方案初选.....	48
5.2 修复方案初选结果.....	51
5.3 技术比选.....	53
5.4 修复场地废渣处理.....	53
6 结论与建议.....	57
6.1 结论.....	57
6.2 建议.....	58
7 附件和附图.....	59
附件 1 风险评估评审意见.....	59
附件 2 洪江区 3614 厂污染场地位置示意图.....	62
附件 3 场地调查评审意见.....	63
附件 4 洪江区 3614 厂地块规划说明.....	68
附件 5 关于核定怀化市洪江区 3614 厂污染场地边界拐点坐标的说明.....	70
附件 6 补充检测报告（2020 年 8 月）.....	72
附图 1 第一层修复范围.....	79
附图 2 第二层修复范围.....	80
附图 3 各层修复、管控土壤投影叠加后范围.....	81

1 总论

1.1 项目背景

根据国家生态环境部最新颁布的《中华人民共和国土壤污染防治法》（自 2019 年 1 月 1 日实施）、《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31 号）、原国家环境保护部《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66 号）、原国家环境保护总局 2004 年 6 月发布的《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（环办〔2004〕47 号）、原环保部等四部委 2012 年 11 月 26 日发布的《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140 号）、国务院办公厅 2013 年 1 月 23 日印发的《近期土壤环境保护和综合治理工作安排》（国办发〔2013〕7 号），以及《湖南省土壤污染防治工作方案》（湘政发〔2017〕4 号）等等文件要求，工业用地转化为其它用地类型的土地必须进行场地环境调查和风险评估，属于污染场地的应编制治理修复方案并开展修复工作，在完成场地修复后方可全面开展再开发利用工作。

洪江区 3614 厂地处湖南省怀化市洪江区新街范家冲至罗汉山地段，污染地块中心经度：东经 109°59'31" 中心纬度：北纬 27°06'31"。距离城区为 1 公里，毗邻洪江嵩云山景区药王寺旅游景点，周围有原职工宿舍和当地居民房。污染地块总面积约 21331m²。调查场地涉及的企业包括 3614 兵工厂、正驰医药、原洪江市电镀厂、原洪江市第三塑料厂等企业，均属于重点行业企业用地。根据用地规划，洪江区 3614 厂污染地块将作为旅游、商业建设用地，根据 GB50137 和 GB 36600 规定相关规定，洪江区 3614 厂污染地块将作为二类用地使用。

为查清洪江区 3614 厂厂区环境污染状况，保证土地安全开发和利用，湖南省怀化市洪江区环境保护局于 2017 年 6 月委托湖南华弘检测有限公司开展怀化市洪江区 3614 厂的场地环境调查工作。根据《怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查报告》，洪江区 3614 厂污染场地重金属污染严重，砷、铬重金属浓度超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）二类用地的筛选值，可能会对人体健康造成危害。由于怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查已于 2017 年 6 月完成，而《建设用地土壤污染

风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）于 2019 年 12 月发布，根据最新风险评估技术导则（HJ 25.3—2019）要求，项目单位于 2020 年 6 月对该场地进行了补充调查采样检测。

根据国家环保法律法规，怀化市生态环境局洪江区分局委托编制单位结合未来用地规划对场地污染土壤进行风险评估。本次风险评估范围仅为评估界限内的污染土壤、地下水，编制单位在前期调查成果的基础上，结合资料查阅、文献调研等方法，进一步获取场地土壤和水文地质资料（如土壤类型、水文地质条件、土壤及地下水污染检测数据等），识别和明确场地污染现状与特征，并结合场地未来土地利用功能对洪江区 3614 厂污染场地开展风险评估。通过定量方法评估土壤、地下水污染物对人体健康产生的风险，划分场地污染风险分布范围、筛选优先关注污染物；并根据场地规划用地方式提出优先关注污染物的风险控制值，为制定场地污染土壤修复方案提供科学依据。

2020 年 8 月 25 日，湖南省生态环境事务中心组织召开了本项目的专家评审会，各位专家及领导对本报告提出了修改、建议，根据专家组评审意见，编制单位对报告进行了认真修改、完善，最终于 2020 年 11 月底形成了《怀化市洪江区 3614 厂污染场地风险评估报告（备案稿）》。

1.2 编制目的和原则

1.2.1 编制目的

本次评估的目的为基于前期调查基础，通过资料收集、现场勘查、数据分析评估，对土壤和地下水环境健康风险开展评估，明确场地土壤和地下水污染现状及风险水平，确立关注污染物的修复目标并划定场地土壤修复范围，编制风险评估报告，为下一步制定修复方案、开展风险管控或治理修复提供依据。

（1）收集历史生产工艺等资料，对调查地块的现状、历史、生产资料和产排污情况进行分析，识别潜在关注污染源和污染物种类。

（2）充分结合场地的现状及未来土地利用的要求，对调查数据进行整理、分析，精细化刻画场地污染物的浓度与分布状况，为后续风险评估、治理修复、风险管控、再开发和投资建设提供基础。

(3) 在场地调查的基础上, 采用国家最新发布的《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019) 开展场地土壤和地下水环境健康风险评估, 并通过此阶段风险评估工作, 明确关注的污染物类型, 分析计算场地风险控制值, 确定修复范围和方量, 为编制和细化修复技术方案提供依据。

1.2.2 编制原则

洪江区 3614 厂污染场地健康风险评估将遵循以下基本原则:

(1) 针对性原则

在资料收集的基础上结合地块生产历史情况, 行业特征污染物情况以及场地调查报告结果, 充分识别场地潜在污染区域和潜在污染物, 有针对性的开展调查工作。

(2) 规范性原则

根据《建设用地土壤环境调查评估技术指南》(环境保护部公告 2017 年第 72 号)、《建设用地土壤污染状况调查技术导则》(HJ 25.1-2019)、《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》(HJ 25.2-2019)、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)、《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600—2018) 等相关技术导则、规范要求, 满足国家和湖南省相关技术导则规范及项目申报相关要求。

(3) 分区分类和分步骤原则

充分依托前期调查工作基础, 结合资料收集和原厂区分布情况, 结合现场实际工作需求, 结合对场地潜在污染程度和污染物类型的初步判断, 采用逐步逼近的思路, 按照分区、分类、分步骤的原则, 精细刻画污染热点区和边界范围。充分结合土地利用方式, 设置合理的环境风险评估暴露情景和暴露途径, 为精准确定修复范围、保障后续土地修复再开发和安全利用提供充分依据。

1.3 编制依据

1.3.1 法律法规

1. 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日);
2. 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2015 年 4 月 24 日);

- 3.《中华人民共和国水法》（2009 年 8 月 27 日）；
- 4.《中华人民共和国水污染防治法》（2018 年 1 月 1 日）；
- 5.《中华人民共和国土壤污染防治法》（2019 年 1 月 1 日）；
- 6.《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日）。

1.3.2 技术导则、标准及规范

- 1.《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）；
- 2.《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2019）；
- 3.《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2-2019）；
- 4.《建设用地土壤污染风险管控和修复术语》（HJ 682-2019）；
- 5.《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB36600-2018）；
- 6.《地下水质量标准》（GB/T 14848—2017）；
- 7.《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- 8.《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）》（HJ 25.5-2018）；
- 9.《重金属污染场地土壤修复标准》（湖南省地标 DB43/T 1165-2016）；
- 10.《污染场地土壤修复技术导则》（HJ 25.4—2014）；
- 11.《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）；
- 12.《污染场地修复后土壤再利用环境评估导则》（DB11/T 1281—2015）。

1.3.3 其他相关规定及政策

- 1.《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31 号）；
- 2.《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66 号）；
- 3.《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140 号）；
- 4.《关于切实做好企业搬迁过程中环境污染防治工作的通知》（环办〔2004〕47 号）；
- 5.《湖南省土壤污染防治工作方案》（湘政发[2017]4 号）。

1.3.4 相关资料

1. 《怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查报告》，2017 年 6 月
2. 《怀化市洪江区 3614 厂地块土壤污染治理修复项目场地岩土工程勘察报告》，2017 年 4 月
3. 《怀化洪江区 3614 厂污染场地补充调查报告》（2020 年 9 月）

1.4 工作程序

污染场地风险评价包括健康风险评价和生态风险评价，受经济或科学技术条件限制，目前大多国家（包括我国）场地评价时通常只考虑与人体关系密切相关的健康风险。场地风险评价的目的是通过确定现在和未来场地利用可能产生的健康风险，为场地的管理和治理提供依据。

遵循污染场地风险评估技术流程，地块风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征，以及土壤和地下水风险控制值的计算，最终确定修复范围和方量。

（1）危害识别：收集土壤污染状况调查阶段获得的相关资料和数据，掌握地块土壤和地下水中关注污染物的浓度分布，明确规划土地利用方式，分析可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

（2）暴露评估：在危害识别的基础上，分析地块内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定地块土壤和地下水污染物的主要暴露途径和暴露评估模型，确定评估模型参数取值，计算敏感人群对土壤和地下水中污染物的暴露量。

（3）毒性评估：在危害识别的基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和呼吸吸入单位致癌因子等。

（4）风险表征：在暴露评估和毒性评估的基础上，采用风险评估模型计算土壤和地下水中单一污染物经单一途径的致癌风险和危害商，计算单一污染物的总致癌风险和危害指数，进行不确定性分析。

（5）土壤和地下水风险控制值的计算：在风险表征的基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如地块风险评估结果未超过可接受风险水平，则结束风险评估工作；如地块风险评估结果超过可接受风险水平，则计算土

壤、地下水中关注污染物的风险控制值；如调查结果表明，土壤中关注污染物可迁移进入地下水，则计算保护地下水的土壤风险控制值；根据计算结果，提出关注污染物的土壤和地下水风险控制值。

（6）确定修复范围和方量：根据计算得到的修复目标值和调查结论，计算需要开展修复的土壤方量和风险管控的地下水方量，明确修复范围和风险管控范围，提出治理修复和风险管控的思路，为后续制定详细修复方案提供基础。

场地风险评估程序及内容见图 1-1。

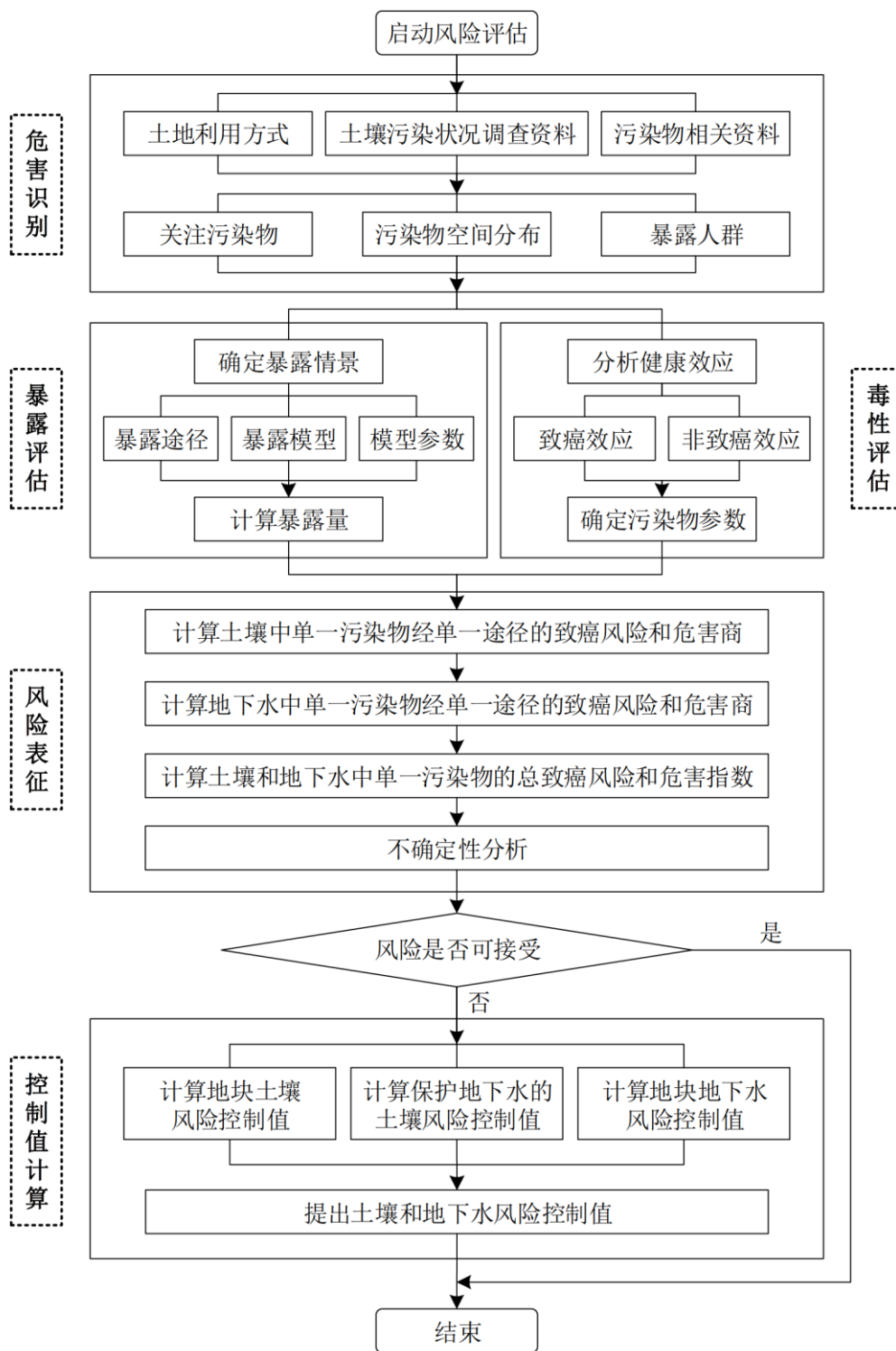


图 1-1 场地风险评估程序及内容

1.5 项目工作内容

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）等要求，对洪江区 3614 厂污染场地进行风险评估。主要工作内容包括：

（1）根据《怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查报告》及周边场地地质勘察报告，对场地水文地质条件进行评估与分析，补充获取场地土壤和水文地质参数，并对场地进行合理分层；

（2）分层统计分析场地前期调查数据，依据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）、《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）等相关标准，对场地污染物进行筛选评估，筛查场地关注污染物；

（3）对场地土壤和地下水开展风险评估，推算场地土壤关注污染物的修复目标值；

（4）划定场地修复范围并估算修复土方量；

（5）初步提出污染土壤修复技术建议。

2 场地污染分析

2.1 场地污染识别结果

洪江区 3614 厂地处湖南省怀化市洪江区新街范家冲至罗汉山地段，污染地块中心经度：东经 109°59'31" 中心纬度：北纬 27°06'31"。距离城区为 1 公里，西北临近嵩云山国家森林公园，东北、西南紧连农田，东南为居民区，周围有原职工宿舍和当地居民房。调查区位置如图 2-1 所示，卫星图如图 2-2 所示。经怀化市洪江区自然资源局核实，拐点坐标见表 2-1，拐点坐标图见 2-3，具体内容见附件：《关于核定怀化市洪江区 3614 厂污染场地边界拐点坐标的说明》。

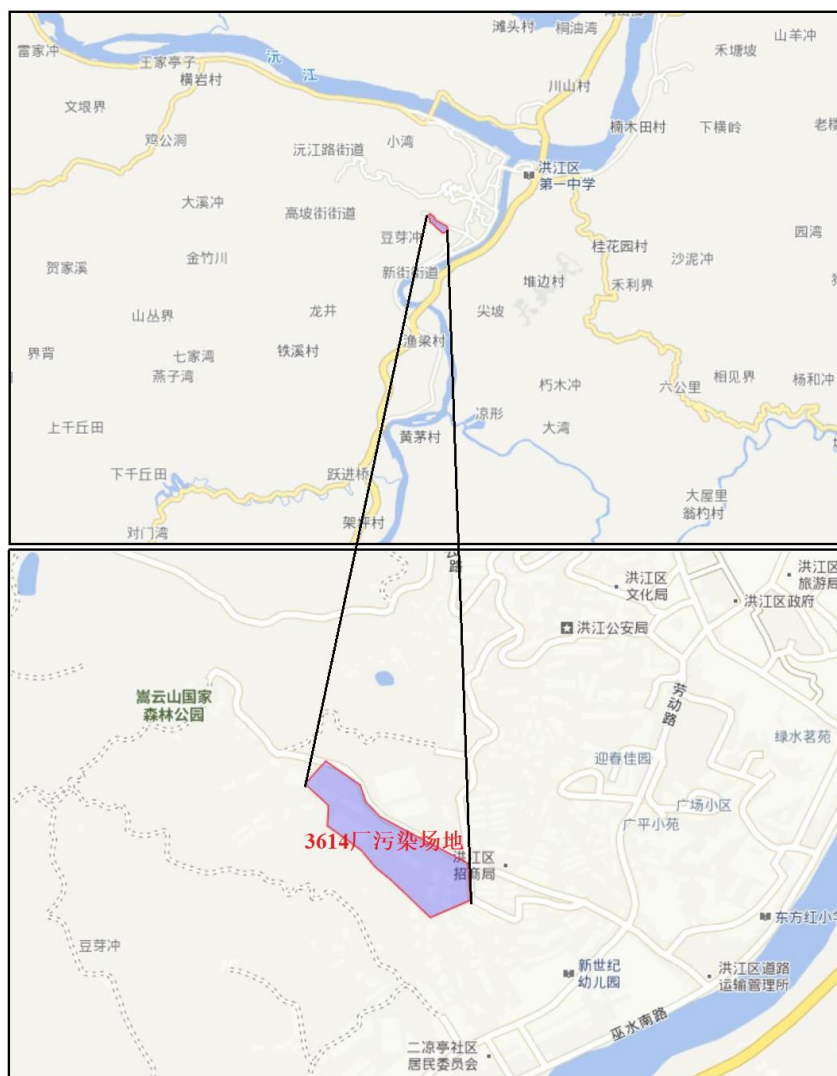


图 2-1 洪江区 3614 厂污染场地位置示意图



图 2-2 洪江区 3614 厂污染场地卫星示意图

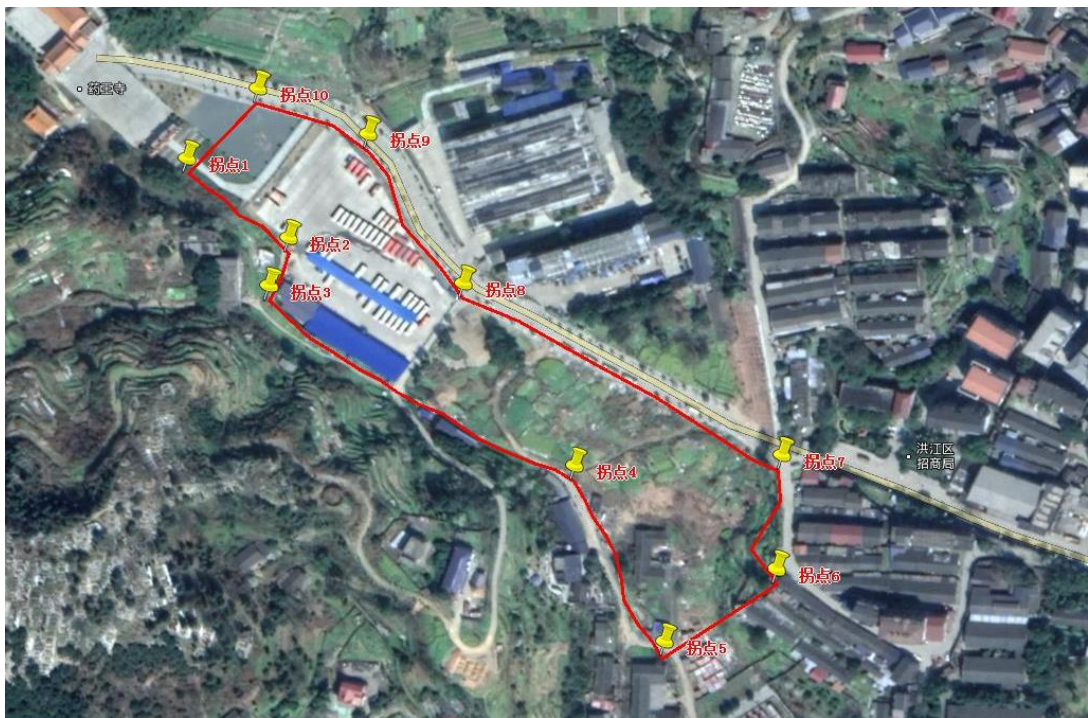


图 2-3 拐点位置图

表 2-1 拐点坐标

拐点编号	X(m)	Y(m)
拐点 1	3000125.83	37399916.07
拐点 2	3000186.67	37399964.03
拐点 3	3000162.82	37399995.01

拐点编号	X(m)	Y(m)
拐点 4	3000082.08	37400042.46
拐点 5	2999994.13	37400192.88
拐点 6	2999961.57	37400187.93
拐点 7	299954.90	37400113.51
拐点 8	2999993.75	37400053.34
拐点 9	3000032.93	37399971.82
拐点 10	3000075.32	37399921.90

2.2 场地历史和现状

通过现场调研和相关资料显示，本地块涉及的企业包括 3614 兵工厂、正驰医药、原洪江市电镀厂、原洪江市第三塑料厂等企业。

(1) 1966 年至 1990 年，3614 兵工厂都位于洪江区新街范家冲至罗汉山地段；自 1990 年 3614 厂完成合并搬迁至长沙后，由于没有自身的主导产品，军品任务又大幅减少，连年亏损，再加上管理滞后、资金短缺、创新技术不足、产品落后等原因，于 2007 年破产改制。主要生产雨量器、称雪器、测风仪、取土钻、直管地温表、空盒检定箱、五用指南针等产品。

(2) 原洪江市第三塑料厂于 1956 年三月开始建成，最开始的名称为洪江市竹器二社，1979 年改名为洪江市塑料三厂，注册资本 100 万元，厂房面积为 8319 m²，总占地面积 8400 m²，归集体所有，主管部门为二轻局。主要产品为泡沫塑料包装、塑料凉鞋、塑料水管、玻璃钢制品。塑料制品的工艺流程图：

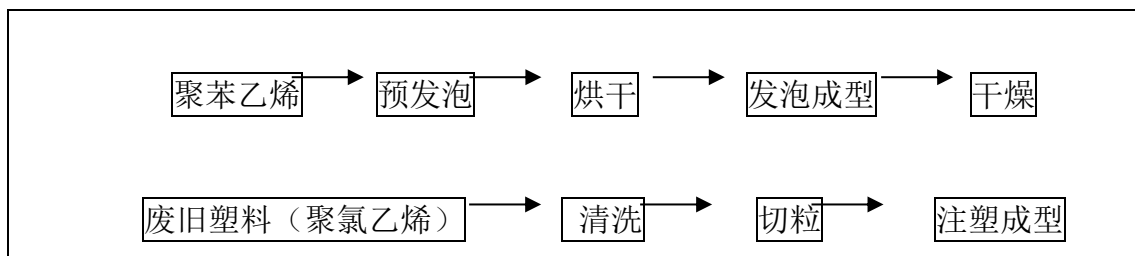


图 2-4 塑料制品的工艺流程图

可能含有污染物为酸、酯、不饱和烃、过氧化物、甲醛、乙醛、CO₂ 和 CO 等挥发性复杂混合物、甲醛、不饱和烃、有机酸、有机氯化物等。

(3) 正驰医药厂在 1999 年全国医药行业发展时期被怀化正清集团收购，于 2002 年正式更名为正驰药业有限公司，2004 年 5 月在竞争压力剧增的时候正式宣布破产，全厂占地 5000 平方米，主要生产成品药，原辅料药都是外地购买。工艺流程如图 2-5 所示。

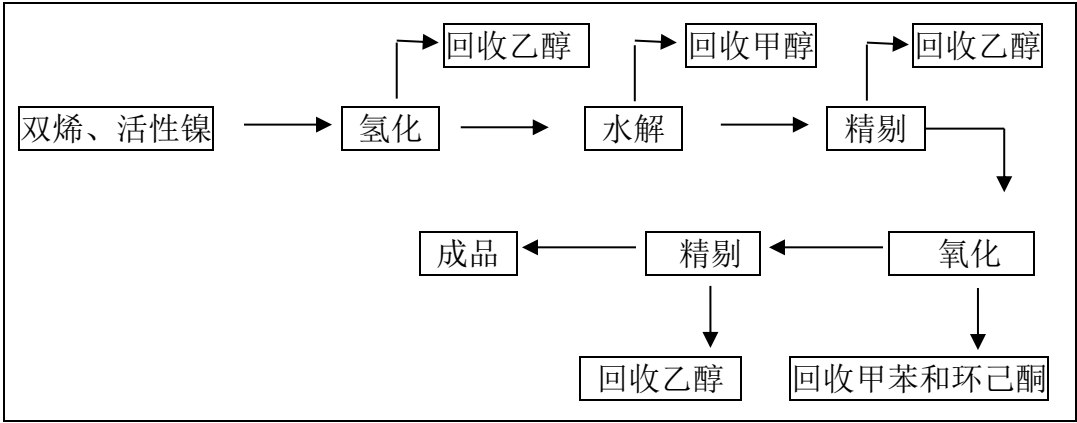


图 2-5 正驰医药厂工艺流程图

可能含有污染物为甲苯、环己酮、甲醇等有机污染物。

(4) 原洪江市电镀厂成立于 1979 年，占地面积 320 平方米，厂房面积 200 平方米，注册资金 5 万元，企业主要从事来料加工，1999 年因资金短缺停产。生产工艺流程如图 2-6 所示。

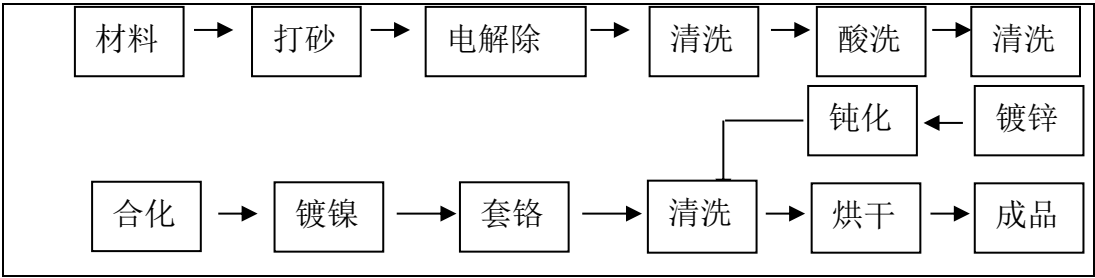


图 2-6 原洪江市电镀厂工艺流程图

可能含有污染物为砷、镉、铬、镍、锌等重金属，以及不饱和烃、过氧化物、甲醛、乙醛、有机酸、有机氯化物等有机污染物。

由以上工艺流程或企业介绍可以得出该地块可能存在的主要污染因子有：甲苯、苯酚等有机污染物和铅、铬、镉、汞、砷等重金属。洪江区区域环境污染问题是以上企业为主体以及洪江区区域内其他化工企业共同排放的污染物长期累积叠加导致的。限于当时该区域内的部分企业生产技术落后，环保措施不得力等原因，生产中产生的废水、废气、废渣等都堆放于厂区附近，环境风险大，致

使洪江区城区居民的饮用水安全遭受严重威胁，并将污染传延至沅水以及洞庭湖库区，严重影响长江流域的饮用水安全。

场地现处于废旧闲置状态，周边都是居民区，居民的生活垃圾和建筑垃圾大量往此处倾倒，部分土地被村民拿来种菜，急需通过对本污染场地进行治理，并采取相应的环境管理措施来避免环境风险。



图 2-7 场地历史工厂分布示意图





图 2-8 场地利用现状

2.3 敏感目标

该地块东边是密集的居民区；西边只有少量居民和耕地；西南边距洪江区体育中心不到 1km，距人民银行不到 200m；南边有居民区，还有省道 S222，距离巫水河中心不到 1000m；北边为旅游景点药王寺。整个地块距离城区直线距离约为 1000m。如图 2-9，虚线包含区域为污染地块区域。

该 3614 地块位置与洪江市自来水厂取水口的位置，直线距离大约 2.1km，该地块地表水入巫水河距取水口的水道距离大约 2.6km，该 3614 地块处于洪江市自来水厂取水口的下游，如图 2-10。



图 2-9 敏感点分布图



图 2-10 与洪江市自来水厂取水口的位置关系

2.4 场地调查结果与数据统计

根据《怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查报告》，场地调查阶段将 3614 厂污染场地分为塑料厂、电镀厂、制药厂 3 个区域进行取样，共钻取 3 个废渣孔位，16 个土壤孔位（其中包括 15 个污染场地内土壤点位和 1 个对照点位）。根据《怀化市洪江区 3614 厂地块土壤污染治理修复项目场地地勘报告》，3614 污染场地土壤类型主要为杂填土、粉质粘土、泥质粉砂岩，其中杂填土厚度在 2.70-9.60 m 之间，粉质粘土厚度在 2.10-6.80m 之间，泥质粉砂岩厚度在 1.10-3.50m 之间。地勘点位平面图及地勘点位柱状图见附图。

2.4.1 固体废渣调查结果

据《怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查报告》（2017 年 6 月），场地遗留固体废渣主要以建筑垃圾、周边居民的生活垃圾为主，混有少量工业固废，共有 3 个渣堆，均堆至在水泥硬化地面上，总占地面积约 2800m²，约 7800m³废渣，分布位置见下图。场调对这 3 个渣堆进行了取样分析，每个点分 0~1m、1~2m 和 2~3m 三层取样，分别进行水浸、酸浸试验，结果表明，该废渣不属于危险废物，但属于Ⅱ类工业固废，需按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）中Ⅱ类固废要求进行处置，具体检测数据见表 2-2 和表 2-3。

根据场调报告，3 个废渣堆至在水泥硬化地面上，堆高 0~3m，酸浸和水浸试验显示为Ⅱ类工业固废，水浸中污染物砷浓度不高，甚至低于部分点位土壤水浸中污染物砷的浓度（土壤水浸数据见表 2-4），又有硬化地面的阻隔，废渣不会对地表下土壤造成较大污染。但仍然需要对这些废渣进行安全处置。首先对厂区内的建筑垃圾、生活垃圾以及工业固废进行分类处理，建筑垃圾首选进行综合利用，生产建材或者做路基材料；生活垃圾直接转运至洪江区城镇生活垃圾卫生填埋场进行填埋；工业固废进行固定/稳定化处理，并转运至洪江区城镇生活垃圾卫生填埋场进行填埋。具体处置方案见本报告 5.4 节。



图 2-11 废渣分布位置图

表 2-2 固废（酸浸）检测结果（单位：mg/L）

采样日期	采样点位	取样点经纬度	采样深度	样品状态	铜	铅	锌	铬	汞	镍	镉	砷
2017年4月10日	电镀厂渣堆 S1	109°59' 30.4" 27°06' 31.6"	0-1m	黑褐色、固体	1.36	3.54	9.36	6.33	0.0062	3.02	0.820	3.84
			1-2m		1.09	3.26	9.10	6.01	0.0031	2.98	0.818	3.02
			2-3m		0.56	3.61	4.89	5.56	0.0014	0.54	0.725	2.98
	制药厂渣堆 1#S2	109°59' 29.2" 7°06' 27.6"	0-1m	黑褐色、固体	4.32	3.76	9.25	6.36	0.0079	3.35	0.835	3.87
			1-2m		3.20	3.53	9.00	6.20	0.0034	2.03	0.823	2.86
			2-3m		1.35	3.21	4.64	5.54	0.0010	0.56	0.736	2.47
	制药厂渣堆 2#S3	109°59' 36.8" 27°06' 25.6"	0-1m	黑褐色、固体	2.30	3.73	9.69	6.06	0.0058	3.21	0.850	3.86
			1-2m		1.28	3.53	9.21	6.59	0.0034	1.58	0.847	2.85
			2-3m		1.00	3.42	2.65	5.20	0.0014	0.32	0.768	2.69
危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别（GB5085.3-2007）				/	100	5	100	15	0.1	5	1	5

表 2-3 固废（水浸）检测结果（单位：mg/L；pH 值;无量纲）

采样日期	采样点位	取样点经纬度	采样深度	样品状态	pH 值	铜	铅	锌	铬	汞	镍	砷	镉
2017	电镀厂渣堆 S1	109°59' 30.4" 27°06' 31.6"	0-1m	黑褐色、固体	6.50	0.015	1.23	1.32	2.89	0.0320	0.089	1.01	0.34
			1-2m		6.62	0.012	1.36	0.56	2.65	0.0256	0.042	1.61	0.35
			2-3m		6.85	0.009	1.25	0.05L	2.35	0.0235	0.007L	1.60	0.31
	制药厂渣堆	109°59' 29.2"	0-1m	黑褐色、固体	6.43	0.014	1.66	1.25	2.97	0.0452	0.078	1.31	0.46

采样日期	采样点位	取样点经纬度	采样深度	样品状态	pH 值	铜	铅	锌	铬	汞	镍	砷	镉
年 4 月 10 日	1#S2	7°06' 27.6"	1-2m		6.75	0.010	1.58	0.59	2.58	0.0314	0.018	1.20	0.45
			2-3m		6.90	0.005	1.44	0.05L	2.03	0.0110	0.007L	1.03	0.31
	制药厂渣堆 2#S3	109°59' 36.8" 27°06' 25.6"	0-1m	黑褐色、固体	6.55	0.019	1.55	1.29	2.86	0.0332	0.085	1.32	0.58
			1-2m		6.74	0.011	1.65	0.68	2.38	0.0256	0.0054	1.20	0.50
			2-3m		6.84	0.006	1.23	0.05L	1.55	0.0110	0.007L	1.11	0.54
	《污水综合排放标准》GB8978-1996 中一级			/	/	6-9	0.5	1.0	2.0	1.5	0.05	1.0	0.5

表 2-4 土壤（水浸）检测结果（单位：mg/L；pH 值;无量纲）

采样日期	采样点位	取样点经纬度	采样深度	样品状态	pH 值	铜	铅	锌	铬	汞	镍	砷	镉
2 0 1 7 年 4 月 11 日	塑料厂 土壤 T1	109°59' 24.1" 27°06' 34.2"	0-1.0m	灰色、固体	6.82	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.58	0.012
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.84	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	1.01	0.008
			1.5-2m	灰色、固体	6.87	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L
	塑料厂 土壤 T2	109°59' 25.9" 27°06' 32.4"	0-1.0m	灰色、固体	6.90	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.33	0.015
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.91	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.980	0.008
			1.5-2m	灰色、固体	6.92	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L
	塑料厂 土壤 T3	109°59' 23.6" 27°06' 31.6"	0-1.0m	灰色、固体	6.89	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.52	0.018
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.87	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.978	0.006
			1.5-2m	灰色、固体	6.88	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L

采样日期	采样点位	取样点经纬度	采样深度	样品状态	pH 值	铜	铅	锌	铬	汞	镍	砷	镉
2017年4月12日	塑料厂土壤 T4	109°59' 21.1" 27°06' 30.2"	0-1.0m	灰色、固体	6.78	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.55	0.019
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.98	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	1.20	0.007
			1.5-2m	灰色、固体	6.79	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L
	塑料厂土壤 T5	109°59' 23.6" 27°06' 29.1"	0-1.0m	灰色、固体	6.85	0.04L	0.01L	0.11	0.12	4×10 ⁻⁵ L	0.013	3.05	0.020
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.86	0.04L	0.01L	0.10	0.09	4×10 ⁻⁵ L	0.011	1.78	0.008
			1.5-2m	灰色、固体	6.88	0.04L	0.01L	0.09	0.05	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0152	0.001L
	电镀厂土壤 T6	109°59' 29.1" 27°06' 32.1"	0-1.0m	灰色、固体	6.78	0.04L	0.01L	0.13	0.16	4×10 ⁻⁵ L	0.015	3.01	0.032
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.89	0.04L	0.01L	0.10	0.10	4×10 ⁻⁵ L	0.010	1.88	0.020
			1.5-2m	灰色、固体	6.88	0.04L	0.01L	0.05	0.05	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0521	0.001L
2017年4月12日	电镀厂土壤 T7	109°59' 27.8" 27°06' 29.4"	0-1.0m	灰色、固体	6.86	0.04L	0.01L	0.18	0.11	4×10 ⁻⁵ L	0.018	2.12	0.035
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.85	0.04L	0.01L	0.12	0.05	4×10 ⁻⁵ L	0.010	0.871	0.015
			1.5-2m	灰色、固体	6.89	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L
	电镀厂土壤 T8	109°59' 29.8" 27°06' 28.9"	0-1.0m	灰色、固体	6.90	0.04L	0.01L	0.16	0.25	4×10 ⁻⁵ L	0.019	2.11	0.035
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.87	0.04L	0.01L	0.09	0.19	4×10 ⁻⁵ L	0.010	0.812	0.011
			1.5-2m	灰色、固体	6.91	0.04L	0.01L	0.05	0.06	4×10 ⁻⁵ L	0.007	0.0003L	0.001L
	电镀厂土壤 T9	109°59' 33.0" 27°06' 29.0"	0-1.0m	灰色、固体	6.86	0.04L	0.01L	0.17	0.18	4×10 ⁻⁵ L	0.014	2.21	0.030
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.88	0.04L	0.01L	0.10	0.08	4×10 ⁻⁵ L	0.009	0.96	0.009
			1.5-2m	灰色、固体	6.85	0.04L	0.01L	0.06	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L

采样日期	采样点位	取样点经纬度	采样深度	样品状态	pH 值	铜	铅	锌	铬	汞	镍	砷	镉
2017年4月13日	电镀厂土壤 T10	109°59' 31.0" 27°06' 27.4"	0-1.0m	灰色、固体	6.83	0.04L	0.01L	0.23	0.22	4×10 ⁻⁵ L	0.018	2.23	0.033
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.89	0.04L	0.01L	0.14	0.10	4×10 ⁻⁵ L	0.015	1.20	0.009
			1.5-2m	灰色、固体	6.87	0.04L	0.01L	0.06	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0568	0.001L
	制药厂土壤 T11	109°59' 35.1" 27°06' 28.2"	0-1.0m	灰色、固体	6.91	0.04L	0.01L	0.25	0.26	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.21	0.035
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.93	0.04L	0.01L	0.11	0.16	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.956	0.010
			1.5-2m	灰色、固体	6.98	0.04L	0.01L	0.09	0.05	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L
	制药厂土壤 T12	109°59' 34.2" 27°06' 25.3"	0-1.0m	灰色、固体	6.95	0.04L	0.01L	0.22	0.22	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.03	0.011
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.86	0.04L	0.01L	0.09	0.06	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.584	0.009
			1.5-2m	灰色、固体	6.87	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L
	制药厂土壤 T13	109°59' 36.3" 27°06' 25.7"	0-1.0m	灰色、固体	6.85	0.04L	0.01L	0.05L	0.21	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.00	0.013
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.86	0.04L	0.01L	0.05L	0.11	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.523	0.005
			1.5-2m	灰色、固体	6.90	0.04L	0.01L	0.05L	0.06	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L
	制药厂土壤 T14	109°59' 39.2" 27°06' 26.8"	0-1.0m	灰色、固体	6.93	0.04L	0.01L	0.05L	0.22	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.01	0.010
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.98	0.04L	0.01L	0.05L	0.15	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.512	0.004
			1.5-2m	灰色、固体	6.92	0.04L	0.01L	0.05L	0.05	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L
	制药厂土壤 T15	109°59' 37.0" 27°06' 24.0"	0-1.0m	灰色、固体	6.87	0.04L	0.01L	0.05L	0.06	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	2.00	0.012
			1.0-1.5m	灰色、固体	6.86	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.210	0.004
			1.5-2m	灰色、固体	6.82	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L

采样日期	采样点位	取样点经纬度	采样深度	样品状态	pH 值	铜	铅	锌	铬	汞	镍	砷	镉
	背景土壤 T16	109°59' 26.61" 27°06' 27.37"	0-0.2m	灰色、固体	6.92	0.04L	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L

2.4.2 土壤调查结果

1、2017 年调查结果

由地勘结果及现场采样检测发现，调查场地的污染物主要分布于表层杂填土中，故在每个土壤点位 0-1.0m、1.0-1.5m、1.5-2.0m 采集 3 个土壤样品，共采集 36 个土壤样品、9 个土渣样品、3 个地下水样品、3 个地表水样品。采样点位如图 2-12、图 2-13 所示。调查结果表明，污染场地范围内 T1~T15 点位的表层 0-1.0 m、1.0-1.5 m 土壤砷浓度值在 66~185mg/kg，污染严重；1.5-2.0 m 之间的土壤中的砷均未超过标准值。且表层土壤（0-1.0m）砷浓度存在超过 GB36600-2018 二类用地管制值点位，需要进行风险管控和修复。背景点位 T16，各检测指标值都在 GB36600-2018 二类用地筛选值范围内，不需要进行风险管控。

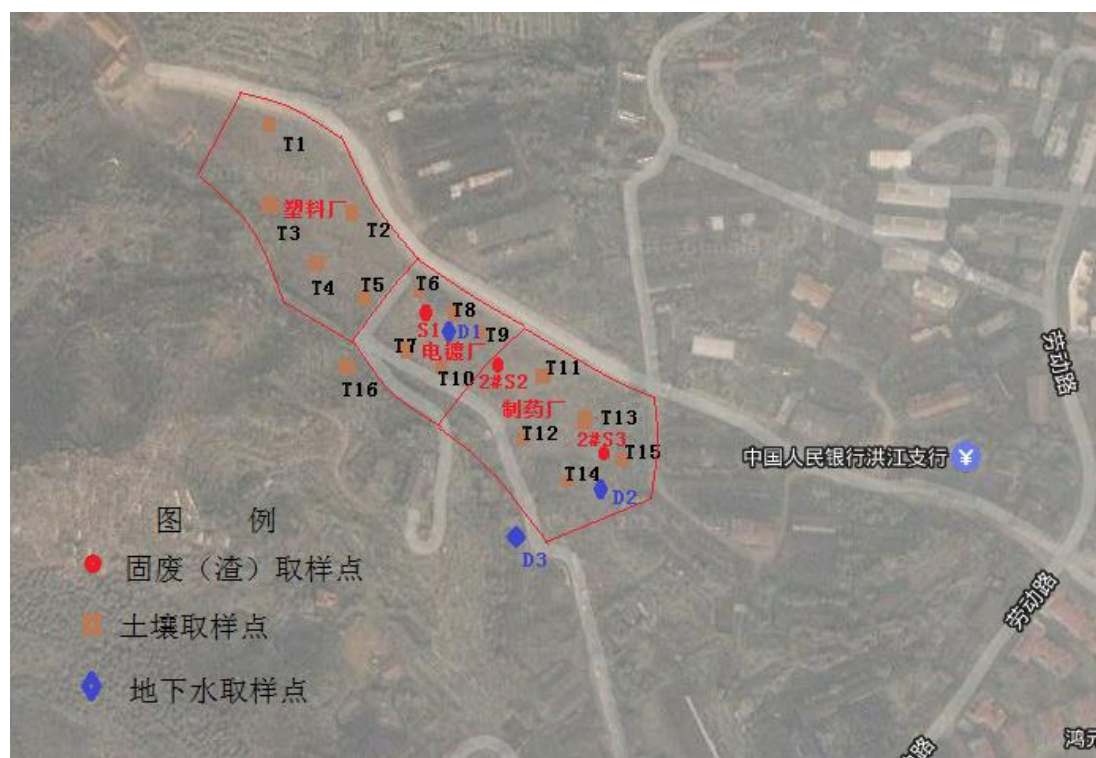


图 2-12 土壤、固废及地下水采样点位示意图

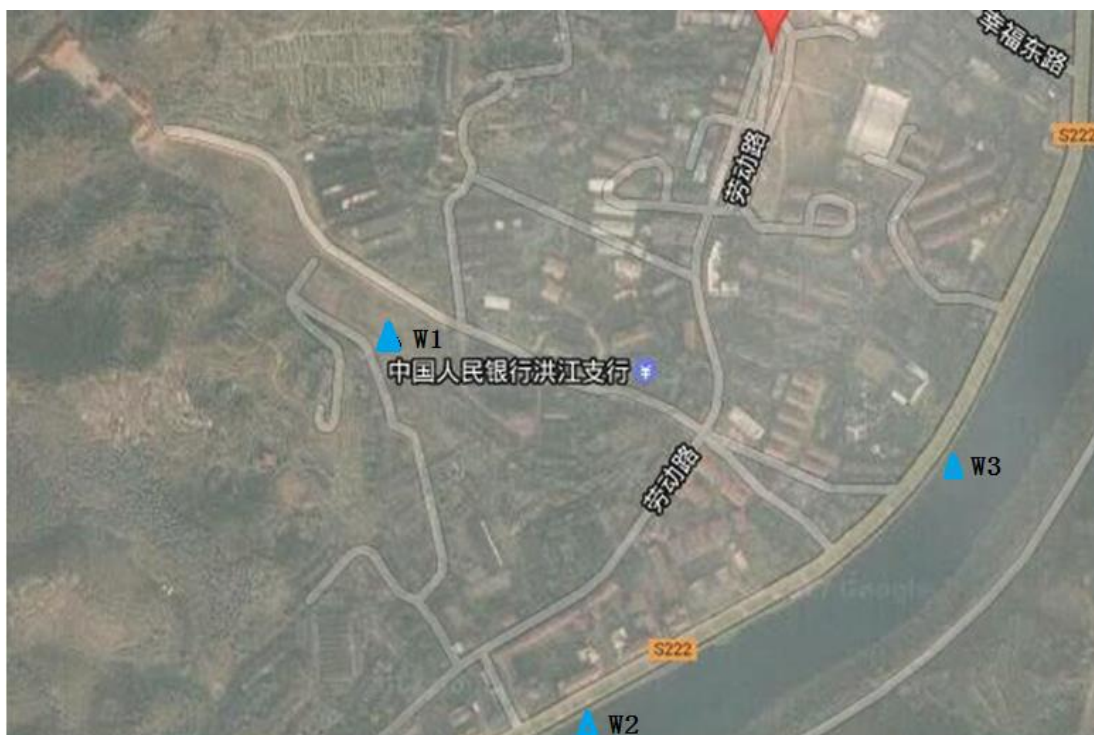


图 2-13 地表水取样点位示意图

2017 年 6 月场地调查中，现场取样图见图 2-13，土壤全量对 pH 值、铜、铅、锌、铬、汞、镍、砷、镉、六六六、滴滴涕、苯乙烯、1,1-二氯乙烯、1, 2-二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯 16 项进行检测，土壤酸浸及水浸指标对 pH 值、铜、铅、锌、铬、汞、镍、砷、镉 9 项进行检测。





图 2-14 2017 年现场采样图

地下水对电镀厂渣堆区 D1，制药厂渣堆区 D2，南侧居民水井 D3 内 pH 值、铜、铅、锌、铬、汞、镍、砷、镉、氨氮、COD_{Mn}、总硬度、硫化物、总磷 14 项进行检测。检测结果见下表。

表 2-2 地下水监测结果

采样日期	采样点位	取样点经纬度	样品状态	pH 值	铜	铅	锌	汞	镍	砷	镉	氨氮	COD _{Mn}	总硬度	硫化物	总磷	铬
4 月 14 日	电镀厂渣堆区 D1	109°59' 30.0" 27°06' 30.4"	无色无味	7.24	0.04L	0.01L	0.05L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0681	0.021	0.025L	1.2	178	0.005L	0.01L	0.03L
	制药厂渣堆区 D2	109°59' 36.6" 27°06' 26.6"	无色无味	6.89	0.04L	0.01L	0.05L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0745	0.028	0.033	1.0	198	0.005L	0.01L	0.03L
	南侧居民水井 D3	109°59' 26.9" 27°06' 25.6"	无色无味	7.33	0.04L	0.01L	0.05L	4×10 ⁻⁵ L	0.007L	0.0003L	0.001L	0.029	0.9	137	0.005L	0.01L	0.03L
标准限值				6.5-8.5	1.0	0.05	1.0	0.001	0.05	0.05	0.01	0.2	3.0	450	/	/	/
备注				标准限值源于《地下水质量标准》(GB/T14848-93)表 1 中 III 类限值要求。													

地表水对项目地内无名水塘 W1，巫水河上游 1000m 断面 W2，巫水河下游 500m 断面 W3 内 pH 值、铜、铅、锌、铬、汞、总磷、镍、砷、镉、氨氮、COD_{Cr}、BOD₅、硫化物、总磷 14 项进行检测。对渣样进行 pH 值、铜、铅、锌、铬、汞、镍、砷、镉 9 项进行检测。检测结果见下表。

表 2-3 地下水监测结果

采样日期	采样点位	取样点经纬度	样品状态	pH 值	铜	铅	锌	铬	汞	总磷	镍	砷	镉	氨氮	COD _{Cr}	硫化物	BOD ₅
4 月 14 日	项目地内无名水塘 (W1)	109°59' 23.5" 27°6' 34.0"	无色无味	7.43	0.04L	0.10	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.02	0.007L	0.100	0.011	0.078	18	0.005L	3.1
	巫水河上游 1000m 断面 (W2)	109°59' 56.0" 27°6' 23.0"	无色无味	7.72	0.06	0.01L	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.01	0.007L	0.0003L	0.001L	0.056	9	0.005L	1.0
	巫水河下游 500m 断面 (W3)	109°59' 39.6" 27°6' 14.4"	无色无味	6-9	0.09	0.09	0.05L	0.03L	4×10 ⁻⁵ L	0.2	0.007L	0.090	0.009	0.067	12	0.005L	2.8
《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类				6-9	1.0	0.05	1.0	/	0.0001	0.2	0.02	0.05	0.005	1.0	20	0.2	4

2、2020 年补充调查结果

据《怀化洪江区 3614 厂污染场地补充调查报告》（2020 年 9 月），补充调查报告具体内容见附件 3。2020 年 3 月 15 日湖南恒炬勘查有限公司在污染场地补充钻探取样。本次补充调查采取机械钻孔取样，共钻取 6 个点位土壤样品，送往相关检测单位进行 45 项基本污染因子检测以及土工试验（主要检测有机质、含水率等水文地质指标），并出具了检测报告。据检测报告，污染场地土壤污染主要是重金属砷，不存在其他重金属和有机物污染；染场地土壤中重金属砷浓度在 82.7~92.9mg/kg，超过了《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中二类用地筛选值（60 mg/kg），表明调查场地的砷污染物可能存在健康风险，需对其进行风险评估以确定其风险水平和风险控制值。

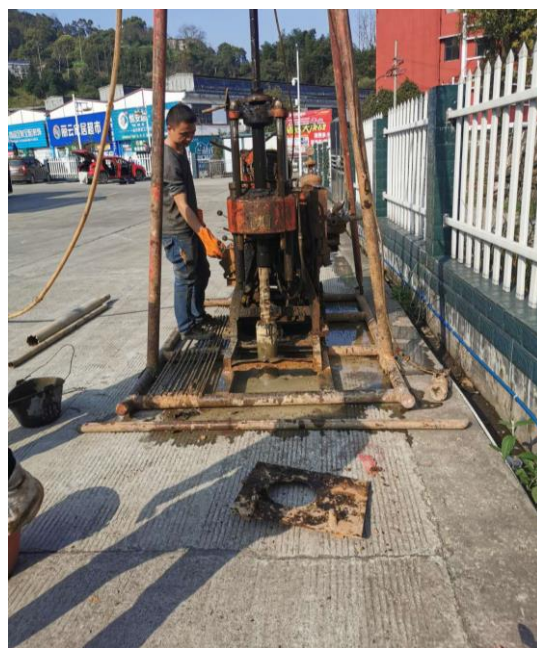




图 2-15 2020 年场地现状航拍图及现场采样、布点图

2.5 场地未来规划

怀化市洪江区管理委员会对于该地块污染情况非常重视，要求原洪江区环保局（现为怀化市生态环境局洪江区分局）对该地块进行土壤环境质量调查和评估，并提出污染土壤修复的建议。环保局根据洪江区管委会的要求，委托相关单位进行土壤污染区域场地土壤环境质量现状调查。根据《洪江区土地利用规划》

（2006-2020 年）及怀化市洪江区自然资源局出具的《关于怀化市洪江区 3614 厂污染场地用地性质的说明》，该地块规划用地性质为商业和文化设施用地。根据洪江区生态保护红线位置，该地块位于洪江区生态保护红线之外。场地靠近城区和居民区，目前急需修复和开发。洪江区土地利用规划和生态保护红线见图 2-16 和图 2-17。

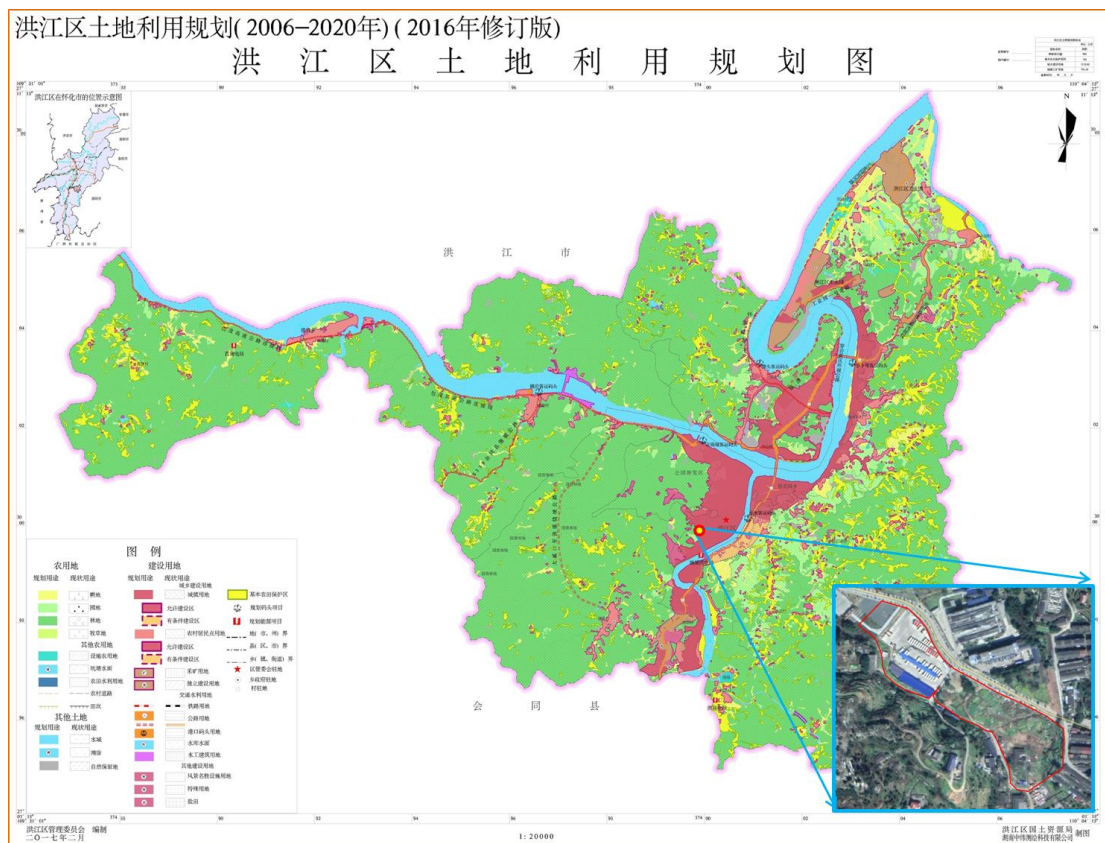


图 2-16 洪江区土地利用规划图

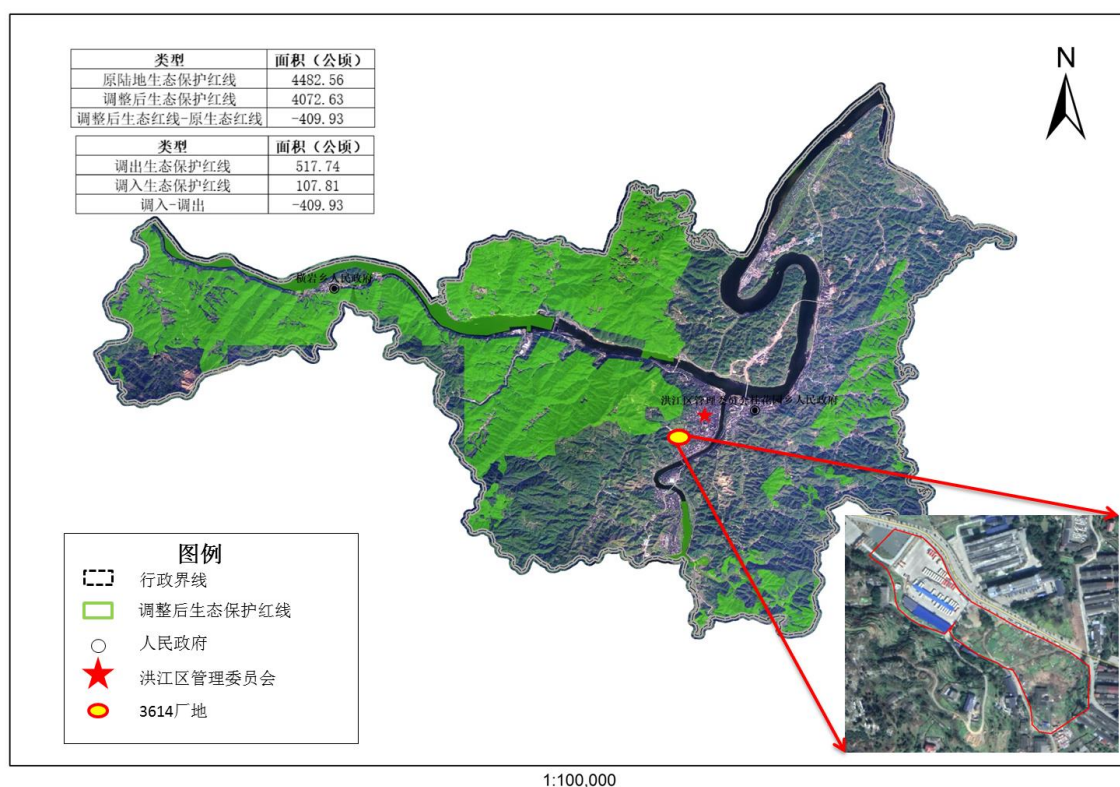


图 2-17 洪江区生态保护红线与污染场地位置关系图

2.6 场地污染筛选标准

2.6.1 土壤筛查标准

采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中二类用地筛选值及湖南省地方标准《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T 1165-2016）中的商业用地对场地污染土壤中的污染物进行筛选。当污染物超过 GB 36600 中二类用地筛选值和 DB43/T 1165 中的商业用地的修复目标值时，则将其视为关注污染物。《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）的筛选标准如表 2-4 所示，《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43 T 1165-2016）如表 2-5 所示。

表 2-4 GB 36600-2018 污染物筛选标准 单位：mg/kg

序号	污染物项目	CAS编号	筛选值		管制值	
			第一类用地	第二类用地	第一类用地	第二类用地
重金属和无机物						
1	砷	7440-38-2	20	60	120	140
2	镉	7440-43-9	20	65	47	172
3	铅	7439-92-1	400	800	800	2500
4	汞	7439-97-6	8	38	33	82
5	镍	7440-02-0	150	900	600	2000
挥发性有机物						
1	苯乙烯	100-42-5	1290	1290	1290	1290
2	1,1-二氯乙烯	75-35-4	12	66	40	200
3	顺-1,2-二氯乙烯	156-59-2	66	596	200	2000
4	反-1,2-二氯乙烯	156-60-5	10	54	31	163
5	三氯乙烯	79-01-6	0.7	2.8	7	20
6	四氯乙烯	127-18-4	11	53	34	183
7	滴滴涕	50-29-3	2.0	6.7	21	67
8	α-六六六	319-84-6	0.09	0.3	0.9	3

表 2-5 DB43 T 1165 重金属修复总量标准 单位: mg/kg

序号	污染物	修复目标用地类型		
		居住用地	商业用地	工业用地
1	总铅	280	600	600
2	总砷	50	70	70
3	总镉	7	20	20
4	总汞	4	20	20
5	总铬	400	610	800
6	总铜	300	500	500
7	总锌	500	700	700

2.6.2 地下水筛查标准

地下水筛选标准主要采用《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017），该标准规定，依据我国地下水质量状况和人体健康风险，参照生活饮用水、工业、农业等用水质量要求，依据各组分含量高低（pH 除外），分为五类。

I 类：地下水化学组分含量低，适用于各种用途；

II 类：地下水化学组分含量较低，适用于各种用途；

III 类：地下水化学组分含量中等，以 GB 5749-2006 为依据，主要适用于集中式生活饮用水水源及工农业用水；

IV 类：地下水化学组分含量较高，以农业和工业用水质量要求以及一定水平的人体健康风险为依据,适用于农业和部分工业用水，适当处理后可作生活饮用水；

V 类：地下水化学组分含量高，不宜作为生活饮用水水源，其他用水可根据使用目的选用。

根据本场地的未来规划，场地将作为商业用地，因此要求场地地下水能满足不会对人体健康带来风险的地下水水质，即IV类及以上水质，并且场地周围存在农田，有可能作为农业用水，故选取III类水质作为筛选标准。

各污染物筛选标准如表 2-6 所示。其中总磷在 GB/T 14848-2017 中没有该指标的对于标准，但由《怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查报告》可知，

总磷的检测结果为未检出，故只对 pH 值、铜、铅、锌、铬、汞、镍、砷、镉、氨氮、COD_{Mn}、总硬度、硫化物 13 项指标进行筛选。

表 2-6 地下水关注污染物筛选标准 单位 mg/L

编号	污染物	《地下水质量标准》Ⅲ类标准
1	pH	6.5≤pH<8.5
2	铜/(mg/L)	≤1.00
3	镍/(mg/L)	≤0.02
4	锌/(mg/L)	≤1.00
5	铅/(mg/L)	≤0.01
6	镉/(mg/L)	≤0.005
7	砷/(mg/L)	≤0.01
8	汞/(mg/L)	≤0.001
9	铬(六价)/(mg/L)	≤0.05
10	氨氮(以 N 计)/(mg/L)	≤0.50
11	COD _{Mn} /(mg/L)	≤3.00
12	总硬度/(mg/L)	≤450
13	硫化物/(mg/L)	≤0.02

2.6.3 地表水筛查标准

地表水筛查标准主要依照《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)以及《湖南省主要地表水系水环境功能区划 (DB43023-2005)》，其中 DB43023 对湖南省主要地表水系进行了水环境功能区划分，按照规划的主导功能，规定了功能区应执行的水质类别标准、水环境功能区达标评价方法以及标准的实施与监督，按各类水环境功能区的指标把某一水域划分为不同类型的水环境功能区单元。具体划分类型如下。

(1) 源头水域

所有河流的源头水域，包括各级政府划定的源头保护区，执行 GB3838-2002 中 I 类标准值。

(2) 自然保护区

对有代表性的自然生态系统、珍稀濒危动植物物种的天然集中分布区、有特殊意义的自然遗迹等保护对象的所在地，由市级以上人民政府依法划出一定面积予以特殊保护和管理的区域，其中的水域执行 GB3838-2002 中 II 类标准值。

（3）饮用水源保护区

由省级以上人民政府依法划定的城镇饮用水集中式取水构筑物所在地表水域某一指定范围。在饮用水源地取水口附近划定的一定范围的水域为一级保护区，执行 GB3838-2002 中 II 类标准值；为保护饮用水源安全，在一级保护区外划定一定范围的水域为二级保护区，执行 GB3838-2002 中 III 类标准值。

（4）渔业用水区

鱼、虾、蟹、贝类的产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道和水产养殖区等水域。鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区执行 GB3838-2002 中 III 类标准值，珍稀水生物栖息地、鱼虾类产卵场、幼鱼的索饵场执行 GB3838-2002 中 II 类标准值。

（5）景观娱乐用水

具有保护水生生态的基本条件、供人们娱乐、观赏的水域。其中，人体可直接接触的水域执行 GB3838-2002 中 III 类标准值，人体非直接接触的水域执行 GB3838-2002 中 IV 类标准值，一般景观用水区执行 GB3838-2002 中 V 类标准值。

（6）工业用水区

各工矿企业生产用水的集中取水点所在水域的指定范围。

（7）农业用水区

灌溉农田、森林、草地的农用集中取水站所在水域的指定范围。

（8）混合区

位于排污口与水环境功能区之间的劣 V 类水质的不具有使用功能的水域。

根据《怀化洪江区 3614 厂场地调查报告》可知，怀化洪江区 3614 厂地块位置与洪江市自来水厂取水口的位置，直线距离大约 2.1 km，该地块地表水入巫水河距取水口的水道距离大约 2.6 km，该 3614 地块处于洪江市自来水厂取水口的下游。由于距离饮用水源较近，故选择 GB3838-2002 中 III 类标准值作为场地地表水的筛选值。

各污染物筛选标准如表 2-7 所示。

表 2-7 地表水关注污染物筛选标准 单位 mg/L

编号	污染物	《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）Ⅲ类标准
1	pH	6≤pH<9
2	铜/(mg/L)	≤1.00
3	镍/(mg/L)	≤0.02
4	锌/(mg/L)	≤1.00
5	铅/(mg/L)	≤0.05
6	镉/(mg/L)	≤0.005
7	砷/(mg/L)	≤0.05
8	汞/(mg/L)	≤0.0001
9	铬(六价)/(mg/L)	≤0.05
10	氨氮(以 N 计)/(mg/L)	≤1.00
11	BOD ₅ /(mg/L)	≤4.00
12	硫化物/(mg/L)	≤0.20
13	总磷/(mg/L)	≤0.20

2.7 场地污染筛选结果

2.7.1 土壤筛查结果

通过筛选，本次检测的土壤污染物中，只有污染砷超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600-2018）中二类用地筛选值和湖南省地方标准《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T 1165-2016）中的商业用地修复总量标准值。超标样品对应点位及深度如表 2-8 所示。由筛选结果可知，超标污染物砷主要分布在采样点 0-1.0 m、1.0-1.5 m 之间，1.5-2.0 m 之间的土壤中的砷均未超过标准值。且表层土壤（0-1.0m）砷浓度存在超过 GB36600-2018 二类用地管制值点位，表示调查场地的砷污染物可能存在健康风险，需对其进行风险评估以确定其风险水平和风险控制值。

表 2-8 土壤样品污染物超标污染物统计

超标点位	采样深度	砷	GB 36600-2018 二类用地		DB43/T 1165 商业用地
			筛选值	管制值	
塑料厂土壤 T1	0-1.0m	177	60	140	70
	1.0-1.5m	68	60	140	70
塑料厂土壤 T2	0-1.0m	185	60	140	70
	1.0-1.5m	101	60	140	70
塑料厂土壤 T3	0-1.0m	145	60	140	70
	1.0-1.5m	121	60	140	70
塑料厂土壤 T4	0-1.0m	152	60	140	70
	1.0-1.5m	100	60	140	70
塑料厂土壤 T5	0-1.0m	135	60	140	70
电镀厂土壤 T6	0-1.0m	125	60	140	70
电镀厂土壤 T7	0-1.0m	122	60	140	70
	1.0-1.5m	100	60	140	70
电镀厂土壤 T8	0-1.0m	128	60	140	70
	1.0-1.5m	66.0	60	140	70
电镀厂土壤 T9	0-1.0m	152	60	140	70
	1.0-1.5m	97.0	60	140	70
电镀厂土壤 T10	0-1.0m	123	60	140	70
制药厂土壤 T11	0-1.0m	141	60	140	70
	1.0-1.5m	103	60	140	70
制药厂土壤 T12	0-1.0m	144	60	140	70
	1.0-1.5m	98.5	60	140	70
制药厂土壤 T13	0-1.0m	152	60	140	70
	1.0-1.5m	99.4	60	140	70
制药厂土壤 T14	0-1.0m	133	60	140	70
	1.0-1.5m	87.2	60	140	70
制药厂土壤 T15	0-1.0m	125	60	140	70
	1.0-1.5m	98.4	60	140	70

注：1.5-2.0 m 土壤中的砷均未超过 GB 36600-2018 和 DB43/T 1165-2016 的标准值，因此未列出。

2.7.2 地下水筛查结果

地下水样品超标统计结果如表 2-9 所示，由筛选结果可知，地下水中污染物中超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III类地下水水质的重金属指标有：砷、镉，其中砷最大超标倍数为 7.45 倍、镉的最大超标倍数为 5.60 倍。但作为背景参照点的南侧居民水井 D3，各污染物浓度均未超过地下水III类水标准，一是说明地下水污染并未扩散至场地外；二是结合场地勘查资料显示地下水位均位于杂填土层（Q₄^{ml}，具体水位埋深见下图），表明场地内的 D1 和 D2 点位地下水属于上层滞水，在潜水位以上，不属于严格意义上的地下水。上层滞水是指位于包气带局部隔水层(弱透水层)之上积聚的具有自由表面的重力水，接受大气降水补给，通过蒸发排泄，或通过隔水(弱透水)底板的边缘下渗排泄，补给下伏的潜水。水位水量有明显季节变化，有时雨季有水而旱季无水。松散沉积物的粘性土透镜体，裂隙岩层局部风化壳，以及浅表岩溶发育带，都可以形成上层滞水。因此，上层滞水水量有限而不稳定，极易受地表污染。

根据《怀化市洪江区城市总体规划（2012-2030 年）》可知，调查区域用水以自来水为生活水源，来自洪江市自来水厂（供水规模为 5 万 m³/d，目前城区用水需求仅 2.5 万 m³/d 左右）。场地内的地下水不作为饮用水源，地下水中重金属污染物对人体不存在直接饮用引起的健康风险。

综合以上两点，本次评估不对地下水中的污染物进行评估。但在后期需加强对地下水的风险管控和监测，污染场地土壤修复工作完成后，根据监测结果评估是否需要对场地进行地下水风险评估和修复。

表 2-9 地下水样品污染物超标污染物统计 单位：mg/L

超标点位	砷	镉
电镀厂渣堆区 D1	0.0681	0.021
制药厂渣堆区 D2	0.0745	0.028
GB/T 14848-2017 III类水标准	≤0.01	≤0.005

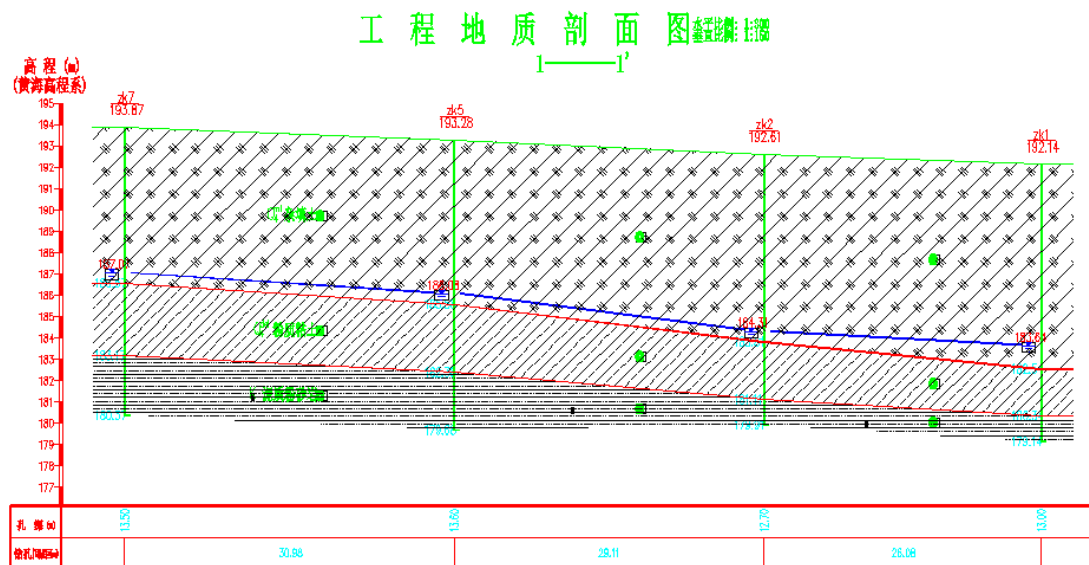


图 2-18 场地钻探地质剖面图（蓝色线为地下水位线）

2.7.3 地表水筛查结果

地表水筛查结果统计如表 2-10 所示，重金属铅、砷、镉浓度略微超过《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中Ⅲ类地表水标准的上限值。所有地表水的有机物也未超标，本场地未来将作为商业和文化设施用地，场地内的地表水水域面积较小，且地表水不开发利用，对人体的健康危害较小，因此本次评估不对地表水进行风险评估。

表 2-10 地表水样品污染物超标污染物统计 单位：mg/L

超标点位	铅	砷	镉
项目地内无名水塘（W1）	0.10	0.10	0.011
巫水河下游 500m 断面（W3）	0.09	0.09	0.009
GB 3838-2002 Ⅲ类标准	≤0.05	≤0.05	≤0.005

3 场地风险评估

污染场地健康风险评估采用国家《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）规定的方法，具体工作程序包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征和风险控制值的计算。

3.1 危害识别

在场地污染调查及采样分析的基础上，进一步结合场地的具体用地功能，以相应的筛选值为标准，将存在超过筛选值的污染物筛选为场地的关注污染物以进行定量风险评估。同时，还应结合关注污染物检出浓度的统计分布特征，确定关注污染物的暴露浓度。

3.1.1 污染源分析

风险评估过程中的污染源是指可能对健康和环境产生不良影响的污染土壤、地下水和地表水。通过对洪江区 3614 厂污染场地调查结果进行分析、统计和筛查得知，场地土壤存在重金属砷污染物超过 GB 36600-2018 中二类用地的筛选值和管控值以及 DB43/T 1165 中的商业用地修复目标值，需对其进行风险评估以确定其风险水平和风险控制值。地下水虽存在超标重金属，但由于地下水不作为饮用水利用，故地下水中的重金属不会对人体造成健康风险，因此不需对调查场地的地下水污染物进行风险评估。地表水虽然存在重金属镉污染物超标，但由于场地内的地表水水量极少，因此不对地表水的污染物进行风险评估。

3.1.2 暴露点浓度

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）要求，如某一地块内关注污染物的检测数据呈正态分布，可根据检测数据的平均值、平均值置信区间上限值或最大值计算致癌风险和危害商。本场地的关注污染物砷的分布如图 3-1 所示。由图可知，在调查场地的表层（0-1.0 m）及中层（1.0-1.5 m）砷浓度基本呈正态分布，表层（0-1.0 m）砷浓度主要分布在 120-160 mg/kg 之间，中层（1.0-1.5 m）砷浓度主要分布在 60-90 mg/kg 之间，根据场地调查结果，底层没有污染。

场地风险评估一般用待评估区域所有采样点污染物浓度平均值的 95%置信水平上限值（Upper Confidence Level，简称 UCL）作为污染浓度进行风险计算。当样本量不足（如< 8 个）以计算 95%置信水平上限值时，则采用污染浓度最大值进行风险计算。

在进行洪江区 3614 厂污染场地的风险评估时，根据场地功能区分布及污染物排放特点，将场地划分为塑料厂、电镀厂、制药厂 3 个区域（见上图 2-3），分别对 3 个区域进行风险评估。

洪江区 3614 厂污染场地塑料厂、电镀厂、制药厂不同土层土壤污染的最大均值、最小均值、最大均值的超标倍数计算结果见表 3-1。

洪江区 3614 厂污染场地 3 个区域每个采样点小于 8 个，因此采用最大浓度进行风险评估计算。

表 3-1 场地土壤关注污染物特征量统计（单位：mg/kg）

分区名称	采样点离地距离（m）	最大值	最小值	平均值
塑料厂	0-1.0	185.00	135.00	158.80
	1.0-1.5	121.00	58.00	89.60
	1.5-2.0	35.40	33.00	34.12
电镀厂	0-1.0	152.00	122.00	130.00
	1.0-1.5	100.00	55.00	75.26
	1.5-2.0	35.40	30.20	32.78
制药厂	0-1.0	152.00	125.00	139.00
	1.0-1.5	103.0	87.20	97.30
	1.5-2.0	38.70	33.90	36.84

3.1.3 场地地质分层及特征参数

（1）地形地貌

勘察区地貌类型为剥蚀残丘地貌，区内地面标高一般在 192.00~200.00m，相对高差 8.0 m，地形坡度一般小于 5°，场地外围斜坡地带地形坡度在 20~35°。勘察区一带山坡植被较发育，覆盖率在 30~40%上，以灌木、乔木为主，少量果树及经济林，区内植被较少，多为荒地。

（2）地层分布

根据《怀化市洪江区 3614 厂地块土壤污染治理修复项目场地地勘报告》可知，洪江区 3614 厂污染场地一带分布的地层主要为第四系杂填土（Q₄^{ml}）、第

四系残坡积粉质粘土（Q₄^{del}）地层，下伏基岩为中生界白垩系下统（K₁）泥质粉砂岩。从新至老叙述如下：

- ① 杂填土（Q₄^{ml}）：人工成因，主要为原3614兵工厂厂房拆除后回填形成。杂色，稍湿，稍密，主要由块石、粉质粘土组成，局部含混凝土、砖瓦碎石等，粒径一般为 20-60 mm，最大粒径 100-200 mm，呈棱角状，次棱角状等，较不均匀，堆填时间大于20年，已完成大部分部分自重固结。该层在场地范围内均有分布，钻孔揭露该层厚度在 2.70-9.60 m，平均埋深约 6.35 m，层底高程182.54-197.64 m，勘察场地总面积约 13938.0 m²，总方量约 88506.30 m³。
- ② 粉质粘土（Q₄^{del}）：坡残积成因，黄褐色,稍湿,可塑状,含 10%角砾，砾径 2-20 mm，韧性及干强度中等，具中压塑性，切面较粗糙，稍具光泽，无摇振反应，土芯呈柱状。该层在整个场地广泛，在斜坡地带层厚相对较薄，坡脚及冲沟地段厚度较大，钻孔揭露该层厚度在 2.10-6.80 m，层底高程为180.34-193.04 m，平均厚度约3.75 m。
- ③ 强风化泥质粉砂岩（K₁）：强风化泥质粉砂岩，紫红色，泥质结构，层状构造，成分主要为石英、长石，泥质胶结，岩质较软，手掰易断，节理裂隙较发育，岩芯较破碎，多呈块状，块径一般为3~8 cm，最大为10 cm，少量短柱状，采取率65%。该层为整个场地下伏基岩，钻孔揭露该层厚度在0.80-2.90 m，本次勘察为揭穿该层。

表3-2 废渣点地层统计

地层 编号	时代 成因	岩土 名称	项 次	层 厚 (m)	层顶 高程 (m)	层底 高程 (m)	层顶 深度 (m)	层底 深度 (m)
1	Q4ml	杂填土	统计个数	17	17	17	17	17
			最大值	9.60	200.34	197.64	0.00	9.60
			最小值	2.70	192.14	182.54	0.00	2.70
			平均值	6.35	195.43	189.09	0.00	6.35
			推荐值	6.35	195.43	189.09	0.00	6.35
			变异系数	0.332	0.014	0.025	0.000	0.332
2	Q4del	粉质粘土	统计个数	17	17	17	17	17

			最大值	6.80	197.64	193.04	9.60	11.80
			最小值	2.10	182.54	180.34	2.70	7.30
			平均值	3.75	189.09	185.34	6.35	10.09
			推荐值	3.75	189.09	185.34	6.35	10.09
			变异系数	0.350	0.025	0.022	0.332	0.156
3	K1	强风化泥质粉砂岩	统计个数	17	17	17	17	17
			最大值	3.50	193.04	190.14	11.80	14.80
			最小值	1.10	180.34	177.91	7.30	10.20
			平均值	2.54	185.34	182.80	10.09	12.64
			推荐值	2.54	185.34	182.80	10.09	12.64
			变异系数	0.308	0.022	0.021	0.156	0.111

(3) 水文地质条件

① 地下水类型及含水岩组富水性

根据地层岩性、地质构造、地下水形成条件、赋存特征等将勘察场地内的地下水划分为二类，即：松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。含水岩组赋水性根据区域水文地质资料按泉水流量、钻孔单位涌水量指标划分为不同的富水级别，即：丰富、中等、贫乏。根据各岩土层水文地质条件的不同，分别叙述如下：

a. 松散岩类孔隙水。含水岩组主要由第四系人工堆填的杂填土①和第四系残坡积粉质粘土②组成。由于区内第四系厚度大，同时，勘察场地地处坡脚冲沟部位，水量中等丰富。本次勘察期间在钻孔测得地下水位埋深 6.50-10.90 m，标高183.64-192.24 m。

b.基岩裂隙水。含水岩组由白垩系下统泥质粉砂岩等组成。受区域构造和风化作用影响强烈，节理裂隙一般发育，岩石较破碎，为基岩孔隙裂隙水的赋存、径流提供了有利条件。但由于节理裂隙多被泥质物充填，加之地形坡度大，不利于大气降水迅速渗入，降水补给孔隙裂隙潜水的水量少。根据1:20万会同幅区域水文地质报告，该岩层中泉水流量一般小于0.02 L/s。

② 地下水补给、径流、排泄条件及动态变化规律

评估区内不同类型的地下水及其赋存条件、所处的构造和地貌部位的不同，导致了地下水补给、径流、排泄条件及其动态变化特征也因地制宜。勘察区内松散岩类孔隙水补给来源主要为大气降水的垂直补给。其径流方向一般从高处向低处径流，在坡脚以渗流的形式排出地表。孔隙水一般呈无压层流运动，其径流方

向垂直或斜交冲沟方向。基岩裂隙水主要由大气降水直接或间接渗入补给，少量为地表水补给，泉水流量随降水量的变化而变化。孔隙裂隙水多呈无压层流运动。地下径流方向多围绕山包向四周低地呈放射状径流，或顺沟谷延伸方向渗流。径流途径短，循环交替强烈。基岩裂隙水多以渗流的形式排泄于沟谷内。

场地的土壤和水文地质的参数主要依据现场的地质勘探结果和导则推荐值进行取值，风险评估土壤和水文地质参数如表3-3所示。

表3-3 场地土壤和水文地质参数

参数名称	参数符号	单位	塑料厂	电镀厂	制药厂	取值依据
表层污染土壤层厚度	d	cm	100	100	100	开发建设需开挖的污染土壤厚度
下层污染土壤层埋深	L_s	cm	100	100	100	下层不开挖污染土壤的顶板埋深
下层污染土壤层厚度	d_{sub}	cm	50	50	50	下层不开挖污染土壤的厚度
污染源区面积	A	cm ²	4000000	4000000	4000000	地块超筛选值区域面积总和
地下水埋深	L_{gw}	cm	650	860	1090	场地实测平均值
土壤有机质含量	f_{om}	g·kg ⁻¹	6.82	6.96	8.05	场地实测平均值
比重	G_s		2.69	2.70	2.69	场地实测平均值
天然含水量	W	%	15.4	15.2	16.3	场地实测平均值
土壤容重	ρ_b	kg·dm ⁻³	1.83	1.83	1.89	场地实测平均值
土壤含水率	P_{ws}	kg·kg ⁻¹	0.3415	0.371	0.492	场地实测平均值
土壤颗粒密度	ρ_s	kg·dm ⁻³	2.77	2.76	2.76	场地实测平均值
空气中可吸入颗粒物含量	PM_{10}	mg·m ⁻³	0.15	0.15	0.15	HJ 25.3-2019
混合区大气流速 风速	U_{air}	cm·s ⁻¹	200	200	200	HJ 25.3-2019
混合区高度	δ_{air}	cm	200	200	200	HJ 25.3-2019
污染源区宽度	W	cm	2000	2000	2000	地块超筛选值区域与风向垂向交界面最大长度
土壤地下水交界处毛管层厚度	h_{cap}	cm	5	5	5	HJ 25.3-2019
非饱和土层厚度	h_v	cm	295	295	295	HJ 25.3-2019

参数名称	参数符号	单位	塑料厂	电镀厂	制药厂	取值依据
毛细管层孔隙空气体积比	θ_{acap}	无量纲	0.038	0.038	0.038	HJ 25.3-2019
毛细管层孔隙水体积比	θ_{wcap}	无量纲	0.342	0.342	0.342	HJ 25.3-2019
地下水达西（Darcy）速率	U_{gw}	$\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$	2500	2500	2500	HJ 25.3-2019
地下水混合区厚度	δ_{gw}	cm	200	200	200	HJ 25.3-2019
土壤中水的入渗速率	I	$\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$	30	30	30	HJ 25.3-2019
垂直渗透系数	K_{20}	cm/s	6.32E-06	5.25E-06	4.61E-06	场地实测平均值
水平渗透系数	K_{20}	cm/s	7.32E-06	6.49E-06	5.57E-06	场地实测平均值

场地风险评估所采用建筑物参数参考《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）的推荐值，本场地风险评估所用场地建筑物参数值见表3-4。

表3-4 场地风险评估所采用的建筑物参数

暴露参数		敏感用地	非敏感用地	取值依据
ER	室内空气交换速率（次/d）	12	20	HJ 25.3-2019
	裂缝的空气含量	0.26	0.26	HJ 25.3-2019
	地基裂缝系数	0.01	0.01	HJ 25.3-2019
	地基厚度	0.15	0.15	HJ 25.3-2019
	建筑的空气交换率（/s）	1.4E-4.1	1.4E-4.1	HJ 25.3-2019
θ_{wcrack}	地基裂隙中水体积比（无量纲）	0.12	0.12	HJ 25.3-2019
L_{crack}	室内地基厚度（cm）	15	15	HJ 25.3-2019
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比（cm）	200	300	HJ 25.3-2019
ER	室内空气交换速率（次·d ⁻¹ ）	12	20	HJ 25.3-2019
dP	室内室外气压差（g·cm ⁻¹ ·s ⁻¹ ）	0	0	HJ 25.3-2019
Z_{crack}	室内地面到地板底部厚度（cm）	15	15	HJ 25.3-2019
X_{crack}	室内地板周长（m）	34	34	HJ 25.3-2019
A_b	室内地板面积（m ² ）	70	70	HJ 25.3-2019

暴露参数		敏感用地	非敏感用地	取值依据
	建筑体积/面积比	2	3	HJ 25.3-2019

3.2 暴露评估

结合场地用地规划，识别场地未来的敏感暴露人群及其暴露特性。根据污染物的理化特性、污染物迁移特性及其在场地中的空间分布，确定未来人群的暴露途径、各种暴露途径下污染物的迁移过程及模型，定量计算受体的暴露剂量。

3.2.1 暴露情景

暴露情景是指特定土地利用方式下，地块污染物经由不同途径迁移和到达受体人群的情况。根据不同土地利用方式下人群的活动模式，《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）标准规定了 2 类典型用地方式下的暴露情景，即以住宅用地为代表的**第一类用地**（简称“**第一类用地**”）和以工业用地为代表的**第二类用地**（简称“**第二类用地**”）的暴露情景。

第一类用地方式下，儿童和成人均可能会长时间暴露于地块污染而产生健康危害。对于致癌效应，考虑人群的终生暴露危害，一般根据儿童期和成人期的暴露来评估污染物的终生致癌风险；对于非致癌效应，儿童体重较轻、暴露量较高，一般根据儿童期暴露来评估污染物的非致癌危害效应。

第一类用地方式包括 GB 50137 规定的城市建设用地中的居住用地（R）、公共管理与公共服务用地中的中小学用地（A33）、医疗卫生用地（A5）和社会福利设施用地（A6）、以及公园绿地（G1）中的社区公园或儿童公园用地等。

第二类用地方式下，成人的暴露期长、暴露频率高，一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应。

第二类用地包括 GB 50137 规定的城市建设用地中的工业用地（M）、物流仓储用地（W）、商业服务业设施用地（B）、道路与交通设施用地（S）、公用设施用地（U）、公共管理与公共服务用地（A）（A33、A5、A6 除外），以及绿地与广场用地（G）（G1 中的社区公园或儿童公园用地除外）等。

由 3614 厂污染场地未来规划可知，本场地未来将作为旅游、商业用地，属于第二类用地，因此本次评估暴露情景以第二类用地作为土地利用方式考虑，即根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应。

3.2.2 暴露途径及评估概念模型

人体周围的环境（包括空气、水、土壤等）含有各种各样的化学物质，这些化学物质与人体外部边界的接触被定义为暴露。根据收集的资料和实地调查分析确定污染物从源到人体潜在的暴露途径，并确定人群暴露频率和暴露期，在此基础上，针对场地特定暴露人群，分暴露途径进行污染物对人体健康风险的估算。暴露受体和暴露途径主要依据场地的未来用途确定。

根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019），场地土壤和地下水污染物的暴露途径分为 9 种，一般摄入土壤中的污染物途径包括以下 6 种：经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物；一般摄入地下水中的污染物暴露途径包括以下 3 种：吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水。

根据本场地关注污染物的类型与特性（理化特性）、污染物在场地土壤和地下水中的迁移行为与路径、人体对污染物的暴露途径与暴露方式等，初步构建了洪江区 3614 厂污染场地的暴露评估概念模型（图 3-2）。

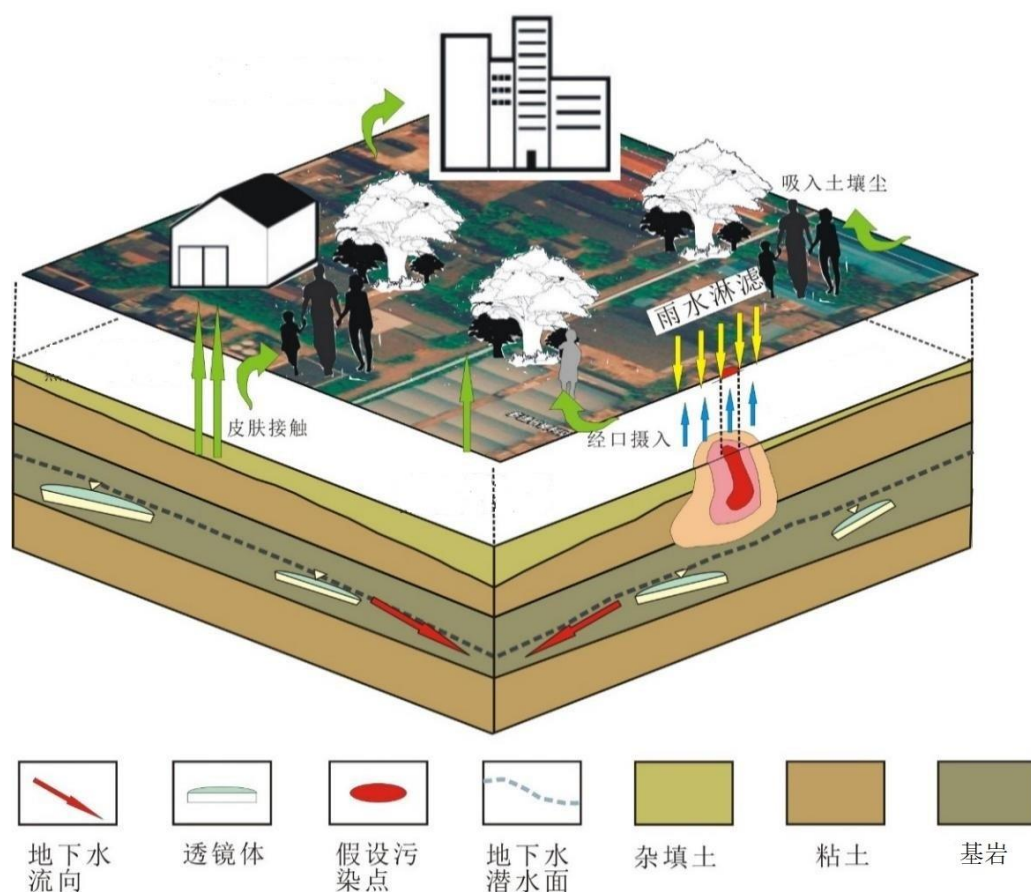


图3-2 洪江区3614厂污染场地的暴露评估概念模型

由于本场地土壤只存在非挥发性重金属污染物，因此不存在土壤和地下水气态污染物问题。虽然地下水存在重金属超标，但根据场地未来规划，地下水不作为饮用水使用，故地下水中的重金属没有暴露途径。因此本项目土壤的暴露途径主要考虑经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物三种暴露途径。

3.2.3 暴露参数取值

(1) 经口摄入土壤评估参数的选定

致癌风险以成人作为敏感人群进行评估，成人经口摄入土壤途径的致癌风险主要根据以下参数值进行计算：

- 1) 土壤中污染物浓度；
- 2) 按照年龄校正后的土壤摄入量因子；
- 3) 暴露频率；
- 4) 经口摄入吸收致癌斜率系数；

5) 致癌效应平均时间。

其中按照年龄校正后的土壤摄入量因子可根据成人每日土壤摄入量、和暴露周期、平均体重进行计算。

非致癌风险以成人作为敏感人群进行评估。成人经口腔摄入土壤途径的非致癌风险（危害商）主要根据以下参数进行计算：

- 1) 非致癌危害商；
- 2) 每日摄入土壤量；
- 3) 暴露频率；
- 4) 暴露周期；
- 5) 土壤污染物浓度；
- 6) 平均体重；
- 7) 口腔摄入吸收参考剂量；
- 8) 污染物危害效应平均时间。

(2) 皮肤接触土壤评估参数的选定

成人经皮肤接触土壤途径的致癌风险主要根据以下参数进行计算：

- 1) 土壤中污染物浓度；
- 2) 按年龄校正后的皮肤接触因子；
- 3) 皮肤接触人体吸收效率系数；
- 4) 皮肤接触吸收致癌斜率系数；
- 5) 皮肤接触事件发生频率；
- 6) 暴露周期；
- 7) 暴露频率；
- 8) 平均体重；
- 9) 致癌效应平均时间。

其中按年龄校正后的皮肤接触因子根据成人敏感人群体表暴露皮肤面积、皮肤表面土壤粘附因子、暴露周期和平均体重进行计算。

成人经皮肤接触土壤途径的非致癌危害商主要根据以下参数进行计算：

- 1) 土壤中污染物浓度；
- 2) 成人体表暴露皮肤表面积；

- 3) 成人皮肤表面土壤粘附因子;
- 4) 皮肤接触人体吸收效率系数;
- 5) 皮肤接触吸收参考剂量;
- 6) 皮肤接触事件发生频率;
- 7) 暴露周期;
- 8) 暴露频率;
- 9) 平均体重;
- 10) 非致癌效应平均时间。

(3) 吸入土壤颗粒物评估参数的选定

成人经呼吸吸入土壤颗粒物途径的致癌风险主要根据以下参数进行计算:

- 1) 土壤污染物浓度;
- 2) 暴露频率
- 3) 暴露周期
- 4) 土壤颗粒物释放因子;
- 5) 呼吸吸入吸收致癌斜率系数;
- 6) 平均体重
- 7) 致癌效应平均时间。

上述土壤颗粒物释放因子是地面覆盖物状况、年平均风速等特定场地气象条件相关的参数。

成人经呼吸吸入土壤颗粒物途径的非致癌风险主要根据以下参数进行计算:

- 1) 土壤污染物浓度;
- 2) 暴露频率
- 3) 暴露周期 16
- 4) 土壤颗粒物释放因子;
- 5) 呼吸吸入吸收参考剂量;
- 6) 平均体重
- 7) 非致癌效应平均时间。

暴露评估过程中涉及的参数主要包括人体暴露参数、土壤理化性质参数、建筑及空气特征参数等。其中:

(1) 人体暴露参数的取值综合考虑了《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)推荐值和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)编制说明中的值。

(2) 土壤理化性质参数优先选择场地实测值,缺少的依次参考《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)和《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)的值。

(3) 建筑及空气特征参数的取值综合考虑了《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)推荐值和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)编制说明中的值。

暴露参数通常包括暴露频率、暴露周期、土壤摄入率和人体体征的相关参数。人体体征相关参数如体重、致癌效应平均时间、非致癌效应平均时间和空气呼吸率等主要参考和使用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3—2019)推荐值(表3-5)。

表3-5 人体暴露参数

参数符号	参数名称	单位	二类用地值	取值依据
EDa	成人暴露期 exposure duration of adults	a	25	HJ 25.3—2019
EFa	成人暴露频率 exposure frequency of adults	d·a ⁻¹	250	HJ 25.3—2019
EFIa	成人室内暴露频率 indoor exposure frequency of adults	d·a ⁻¹	187.5	HJ 25.3—2019
EFOa	成人室外暴露频率 outdoor exposure frequency of adults	d·a ⁻¹	62.5	HJ 25.3—2019
BWa	成人平均体重 average body weight of adults	kg	61.8	HJ 25.3—2019
Ha	成人平均身高 average height of adults	cm	161.5	HJ 25.3—2019
DAIRa	成人每日空气呼吸量 daily air inhalation rate of adults	m ³ ·d ⁻¹	14.5	HJ 25.3—2019
GWCRa	成人每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of adults	L·d ⁻¹	1.0	HJ 25.3—2019
OSIRa	成人每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of adults	mg·d ⁻¹	100	HJ 25.3—2019

参数符号	参数名称	单位	二类用地值	取值依据
Ev	每日皮肤接触事件频率 daily exposure frequency of dermal contact event	次·d ⁻¹	1	HJ 25.3—2019
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例 fraction of soil-borne particulates in indoor air	无量纲	0.8	HJ 25.3—2019
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例 fraction of soil-borne particulates in outdoor air	无量纲	0.5	HJ 25.3—2019
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例 soil allocation factor	无量纲	0.5	HJ 25.3—2019
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例 groundwater allocation factor	无量纲	0.5	HJ 25.3—2019
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数 adherence rate of soil on skin for adults	mg·cm ⁻²	0.2	HJ 25.3—2019
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例 retention fraction of inhaled particulates in body	无量纲	0.75	HJ 25.3—2019
ABS _o	经口摄入吸收因子 absorption factor of oral ingestion	无量纲	1	HJ 25.3—2019
ACR	单一污染物可接受致癌风险 acceptable cancer risk for individual contaminant	无量纲	10 ⁻⁶	HJ 25.3—2019
AHQ	可接受危害商 acceptable hazard quotient for individual contaminant	无量纲	1	HJ 25.3—2019
ATca	致癌效应平均时间 average time for carcinogenic effect	d	27740	HJ 25.3—2019
ATnc	非致癌效应平均时间 average time for non-carcinogenic effect	d	9125	HJ 25.3—2019

3.2.4 暴露量计算

(1) 经口摄入暴露量

第二类用地方式下，人群可因经口摄入土壤而暴露于污染土壤。对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量采用公式（3-1）计算：

$$OISER_{ca} = \frac{OISER_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3-1)$$

式中，

$OISER_{ca}$ 一经口摄入土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

$OSIRa$ 一成人每日摄入土壤量，mg·d⁻¹；推荐值见 GB36600-2018 附录 G 表 G.1；

EDa 一成人暴露期，a；推荐值见附录 G 表 G.1；

EFa 一成人暴露频率，d·a⁻¹；推荐值见附录 G 表 G.1；

BWa 一成人体重，kg，推荐值见附录 G 表 G.1；

ABS_o 一经口摄入吸收效率因子，无量纲；推荐值见附录 G 表 G.1；

AT_{ca} 一致癌效应平均时间，d；推荐值见附录 G 表 G.1。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量采用公式（3-2）计算：

$$OISER_{nc} = \frac{OISER_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3-2)$$

式中，

$OSIRc$ 、 EDc 、 EFc 、 ABS_o 和 BWc 的参数含义见公式 3-1

$OISER_{nc}$ 一经口摄入土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

AT_{nc} 一非致癌效应平均时间，d；推荐值见附录 G 表 G.1。

（2）皮肤接触暴露量

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害。皮肤接触土壤途径的土壤暴露量采用公式（3-3）计算：

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3-3)$$

式中，

BWa 、 EDa 、 EFa 和 AT_{ca} 的参数含义见公式（3-1）。

$DCSER_{ca}$ —皮肤接触途径的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

$SAEa$ 一成人暴露皮肤表面积，cm²；

SSARa 一成人皮肤表面土壤粘附系数, $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

ABSd 一皮肤接触吸收效率因子, 无量纲; 取值见附录 B 表 B.1;

Ev 一每日皮肤接触事件频率, $\text{次}\cdot\text{d}^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期的暴露危害, 皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用公式 (3-4) 计算:

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (3-4)$$

式中,

DCSERnc 一皮肤接触的土壤暴露量(非致癌效应), $\text{kg 土壤}\cdot\text{kg}^{-1}$ 体重 $\cdot\text{d}^{-1}$ 。

ATnc 的参数含义见公式 (3-2), SAEa、SSARa、Ev 和 ABSd 的参数含义见公式 (3-3), BWa、EDa 和 EFa 的参数含义见公式 (3-1)。

(3) 吸入土壤颗粒物

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式 (3-5) 计算:

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a + fspi \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots (3-5)$$

式中,

PISERca 一吸入土壤颗粒物土壤暴露量(致癌效应), $\text{kg 土壤}\cdot\text{kg}^{-1}$ 体重 $\cdot\text{d}^{-1}$;

PM10 一空气中可吸入浮颗粒物含量, $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

DAIRa 一成人每日空气呼吸量, $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

PIAF 一吸入土壤颗粒物在体内滞留比例, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1;

fspi 一室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1;

fspo 一室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1;

EFIa 一成人的室内暴露频率, $\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

EFOa 一成人的室外暴露频率, $\text{d}\cdot\text{a}^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

BWa、EDa 和 ATca 的参数含义见公式（3-1）

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式（2-6）计算：

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (f_{spo} \times EFO_a + f_{spi} \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad \dots (3-6)$$

$PISER_{nc}$ 一吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹。

PM10、DAIRa、PIAF、fspo、fspi、EFOa 和 EFIa 的参数含义见公式(3-5)，ATnc 的参数含义见公式（3-2），BWa 和 EDa 的参数含义见公式（3-1）。

3.3 毒性评估

污染物毒性常用污染物质对人体产生不良效应以剂量-效应关系表示：对于非致癌物质如具有神经毒性、免疫毒性和发育毒性等物质，通常认为存在阈值现象，即低于该值就不会产生可观察到的不良效应。对于致癌和致突变物质，一般认为无阈值现象，即任意剂量的暴露均可能产生负面健康效应。毒性参数包括计算非致癌风险的慢性参考剂量及致癌风险的致癌斜率。

本项目在危害识别的基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的毒理学参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和呼吸吸入单位致癌因子等。本次评估涉及到的污染指标为砷。

3.3.1 非致癌毒性评估

对于非致癌有毒有害物质，一般都认为其有一个安全的阈值剂量，人体对污染物的暴露量低于阈值剂量被认为是安全的，而高于阈值剂量则可能会导致不良的健康效应。通常根据对动物或/和人的研究得到的毒理学数据推断化学物质的阈值剂量。首先确定在特定的暴露时间内未产生可观测的不良效应的最高剂量 (NOAEL: no observed adverse effect level) 和产生可观测到的不良效应的最低剂量 (LOAEL: lowest observed adverse effect level)，然后假定阈值剂量是位于

NOAEL 和 LOAEL 之间。然而，为了确保人体健康，非致癌风险的评估不是直接建立在阈值暴露水平基础上，而是建立在参考剂量(RfD: reference dose)或参考浓度基础上(RfC: reference concentration)。参考剂量或参考浓度是未引起包括敏感个体在内的有害效应的估算量。

一般来说，某种物质的参考剂量或参考浓度等于NOAEL(如果没有NOAEL值则采用LOAEL)除以一个不确定因子：

$$RfD(RfC) = \frac{NOAEL}{UF}$$

上述方程中，RfD（RfC）为参考剂量(参考浓度)；NOAEL为未观测到的不良效应的最高剂量；UF为不确定因子（ $UF=F1 \cdot F2 \cdot F3 \cdot MF$ ）。F1为种间不确定性， $F1=1 \sim 10$ ，从动物实验外推到人时， $F1=10$ ；F2 为种内不确定性， $F2=1 \sim 10$ 。用于补偿人群中的不同敏感性时， $F2=10$ ；F3 为毒性不确定系数， $F3=1 \sim 10$ ，如NOAEL 不是从慢性实验中获得， $F3=10$ ；MF 是资料完整性不确定系数， $MF=1 \sim 10$ ，例如，只有一种种属动物的实验结果时， $MF=10$ 。

NOAEL或 LOAEL除以不确定因子的目的是确保参考剂量不高于不良效应的阈值水平。因此，污染物暴露量小于或等于参考剂量基本可以保证没有不良效应风险，而高于参考剂量也并不意味着就一定会产生不良效应。

非致癌毒性效应根据时间尺度分为：

- （1）急性效应（暴露时间 ≤ 24 小时）；
- （2）短期效应（24小时至30天）；
- （3）长期效应（30天至预期寿命的10%）；
- （4）慢性效应（ $>$ 预期寿命的10%时间长度）。

通常，参考剂量和参考浓度在没有特殊指明的情况下，是指慢性毒性参考剂量和参考浓度。

化学文摘登记号（CAS号）7440-38-2（美国标准与技术研究所（NIST），2012），土壤砷污染一般通过呼吸吸入、经口摄入或皮肤接触进入体内。急性呼吸吸入性接触会引起恶心、腹泻、腹痛和中枢神经系统疾病。慢性呼吸吸入会刺激皮肤和粘膜。慢性口腔暴露导致胃肠道不适、贫血、周围神经病变、皮肤病变、色素沉着、肝或肾损害。砷呼吸吸入可能会导致肺癌，经口摄入可能会导致皮肤癌、膀胱癌、肝癌、肺癌（毒性物质和疾病登记署，2007b；美国国家医学图书

馆，有害物质数据库，2012）。目前美国环保局监管指导值计算考虑经口摄入，皮肤接触和呼吸吸入致癌和非癌症风险，但致癌风险率服从于筛选值（美国环保局，2012b）。

3.3.2 致癌效应评估

对于致癌物质，一般认为无阈值现象，即任意剂量的暴露均可能产生不良健康效应。致癌效应的剂量~反应关系是以各种关于剂量和反应的定量研究为基础建立的，如动物实验学实验数据、临床学和流行病学统计资料等。由于人体在实际环境中的暴露水平通常较低，而实验学或流行病学研究中的剂量相对较高，因此，在估计人体实际暴露情形下的剂量~反应关系时，常常利用实验获取的剂量~反应关系数据推测低剂量条件下的剂量~反应关系，称为低剂量外推法。

实验数据的剂量~反应关系的建立常常采用毒性动力学方法或经验模型。如果有充分的证据确定受试物的作用模式，可较准确描述肿瘤出现前各种症候发生的速率和顺序（即毒性效应发生的生物过程）时，可采用毒性动力学方法。经验模型指对各种剂量下的肿瘤发生率或主要症候出现率进行曲线拟合，是一种统计学方法。当建立起了实验数据的剂量~反应关系曲线后，即可确定出发点，采用低剂量外推法推测低剂量条件下的剂量~反应关系。低剂量外推法包括线性和非线性两种模型。模型的选择主要基于污染物的作用模式。当作用模式信息显示低于出发点剂量的剂量~反应曲线可能为线性，则选择线性模型。如污染物为DNA作用物或具有直接的诱导突变作用，其剂量~反应曲线常常为线性。当证据不充分，对污染物的作用模式不确定时，线性模型为默认模型。

当充分的证据表明污染物的作用模式为非线性，且证实该物质不具有诱导突变作用时，可采用非线性模型。由于某些物质同时对不同的器官具有致癌作用，则可根据作用模式的不同，分别采用线性和非线性模型。此外，当有证据证实在不同的剂量区间内，污染物对同一器官的作用模式分别为线性和非线性时，可以结合使用线性和非线性模型。

线性模型直观表示为连接原点和出发点的直线，其斜率为斜率因子（slope factor, SF），表示不同剂量水平的风险上限，可用于估计各种剂量下的风险概率。非线性外推可用于计算参考剂量或参考浓度。为了补偿外推过程导致的不确

定性，美国环保局使用斜率的95%置信上限作为斜率因子，也就是有95%的概率，癌症真正发生的潜力小于癌症斜率因子。这种方法确保的癌症风险评估中的边际安全。本场地风险评估中采用的关注污染物慢性参考剂量和参考浓度见表3-6。

表 3-6 场地关注污染物毒理学参数取值

污染物名称	经口摄入参考剂量 RfDo(mg/kg ^d)	呼吸吸入参考浓度 RfC (mg/m ³)	消化道吸收效率因子 ABSgi 无量纲	皮肤吸收效率因子 ABSd 无量纲
砷	3.00E-04	1.50E-05	1	0.03

3.4 风险表征

3.4.1 风险计算模型与方法

本次场地风险评估主要以《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）为依据开展风险评估。

根据污染物自身的物化毒理性质，具有致癌性或非致癌性，在不同的暴露途径下，污染物会产生相应的致癌风险或非致癌危害商。因此，将场地污染物筛选后，得到需计算致癌风险及危害商的关注污染物，根据不同点位的关注污染物的浓度，参照《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019），计算关注污染物的致癌风险或非致癌危害商，更好地判断关注污染物在场地致癌风险或非致癌危害的分布情况。对计算结果进行分析，单一污染物的致癌风险值超过 10^{-6} 或危害商超过1的采样点，其代表区域划定为风险不可接受的污染区域。

人体一般通过以下几种途径摄入土壤中的污染物：经口摄入污染土壤、经皮肤接触污染土壤而吸收土壤中的污染物、通过呼吸系统吸入土壤灰尘而吸入污染物、经过室外空气吸入挥发物蒸气、通过室内空气吸入挥发物蒸气。污染土壤中每一种致癌物质的风险水平为经口摄入土壤、皮肤接触土壤、呼吸吸入颗粒物等不同暴露途径风险的综合。场地土壤中的非致癌污染物风险采用危害商进行表征。危害商是不同途径污染物摄入量与其毒理学参考剂量的比值。当某种污染物的浓度超过该物质的毒理学参考剂量时，可能对场地上的人群产生非致癌风险。

（1）土壤中单一污染物致癌风险

经口摄入土壤途径的致癌风险采用公式（3-7）计算：

$$CR_{ois} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o \dots\dots\dots (3-7)$$

式中，

CRois 一经口摄入土壤途径的致癌风险，无量纲；

Csur—表层土壤中污染物浓度， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；必须根据地块调查获得参数值。

SFo 一经口摄入致癌斜率因子， $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$

OISERca 的参数含义见公式（3-1）

皮肤接触土壤途径的致癌风险采用公式（3-8）计算：

$$CR_{dcs} = DCSE R_{ca} \times C_{sur} \times SF_d \dots\dots\dots (3-8)$$

式中，

CRdcs 一皮肤接触土壤途径的致癌风险，无量纲。

SFd 一皮肤接触致癌斜率因子， $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$ ；

DCSE Rca 的参数含义见公式（1-3），Csur 的参数含义见公式（3-7）。

吸入土壤颗粒物途径的致癌风险采用公式（3-9）计算：

$$CR_{pis} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \dots\dots\dots (3-9)$$

式中，

CRpis 一吸入土壤颗粒物途径的致癌风险，无量纲。

SFi 一呼吸吸入致癌斜率因子， $(\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$ ；

PISERca 的参数含义见公式（3-5），Csur 的参数含义见公式（3-7）。

（2）土壤中单一污染物危害商

经口摄入土壤途径的危害商采用公式（3-10）计算：

$$HQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_o \times SAF} \dots\dots\dots (3-10)$$

式中，

HQois 一经口摄入土壤途径的危害商，无量纲；

SAF 一暴露于土壤的参考剂量分配系数，无量纲；

RfDo 一经口摄入参考剂量， $\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

OISERnc 的参数含义见公式（3-2），Csur 的参数含义见公式（3-7）。

皮肤接触土壤途径的危害商采用公式（3-11）计算：

$$HQ_{dcs} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d \times SAF} \dots\dots\dots (3-11)$$

式中，

HQdcs —皮肤接触土壤途径的危害商，无量纲；

RfDd —皮肤接触参考剂量，mg 污染物·kg⁻¹ 体重·d⁻¹

DCSERnc 的参数含义见公式（3-4），Csur 的参数含义见公式（3-7），SAF 的参数含义见公式（3-10）。

吸入土壤颗粒物途径的危害商采用公式（3-12）计算：

$$HQ_{pis} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \dots\dots\dots (3-12)$$

式中，

Hqpis —吸入土壤颗粒物途径的危害商，无量纲。

RfDi —呼吸吸入参考剂量，mg 污染物·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

PISERnc 的参数含义见公式（3-6），Csur 的参数含义见公式（3-7），SAF 的参数含义见公式（3-10）。

3.4.2 场地风险评估结果

根据场地规划用途，结合场地水文地质参数、土壤参数和气候特征参数，对场地土壤进行风险评估。考虑到本场地特征，结合我国《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）将 10⁻⁶ 作为致癌风险的可接受水平，非致癌风险可接受危害商为 1，以此计算作为二类用地相应的风险控制值，开展风险评估。

在进行怀化洪江区 3614 厂污染场地的风险评估时，根据场地功能区分布及污染物排放特点，将场地划分为塑料厂、电镀厂、制药厂 3 个区域（见上图 2-3），对场地中塑料厂、电镀厂、制药厂土壤超标污染物砷最大浓度进行风险评估，评估结果如表 3-7 所示。

由表可知，调查场地内 3 个区域污染物砷的致癌风险均大于致癌风险可接受水平 10^{-6} ，非致癌风险均大于可接受危害商 1。因此，本场地污染物砷具有人体健康风险，需进一步计算其风险控制值，以确定修复或风险管控目标。

表 3-7 怀化洪江区 3614 厂污染场地健康风险评估结果

污染物	塑料厂		电镀厂		制药厂	
	致癌风险	非致癌风险	致癌风险	非致癌风险	致癌风险	非致癌风险
砷	1.13E-04	2.32	9.21E-05	1.9	9.85E-05	2.03

3.5 风险评估不确定性分析

3.5.1 暴露风险贡献率分析

单一污染物经不同暴露途径致癌和非致癌风险的贡献率，采用下列公式计算。

$$PCR_i = \frac{CR_i}{CR_n} \times 100\% \dots\dots\dots (3-13)$$

$$PCR_i = \frac{HQ_i}{HI_n} \times 100\% \dots\dots\dots (3-14)$$

公式中：

CR_i — 单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险，无量纲；

CR_n — 土壤中单一污染物（第 n 种）经所有暴露途径的总致癌风险，无量纲；

PCR_i — 单一污染物经第 i 种暴露途径致癌风险贡献率，无量纲；

HQ_i — 单一污染物经第 i 种暴露途径的危害商，无量纲；

HI_n — 土壤中单一污染物（第 n 种）经所有暴露途径的危害指数，无量纲；

PHI_i — 单一污染物经第 i 种暴露途径非致癌风险贡献率，无量纲。

本次风险评估针对风险超过可接受水平的污染物进行贡献率分析。经计算，在该场地关注污染物不同暴露途径的风险贡献率见表 3-8、3-9。

表 3-8 土壤污染致癌效应不同途径暴露风险贡献率（单位：%）

关注污染物	经口摄入土壤	皮肤接触土壤	吸入土壤颗粒物
砷	77.16	13.99	8.85

表 3-9 土壤污染非致癌效应不同途径暴露风险贡献率（单位：%）

关注污染物	经口摄入土壤	皮肤接触土壤	吸入土壤颗粒物
砷	50.48	9.15	40.37

基于本场地的暴露情景下，砷主要通过经口摄入土壤（贡献率达到 77.16%）对敏感人群产生致癌危害；主要通过经口摄入土壤（贡献率达 50.48%）和吸入土壤颗粒物（贡献率达 40.37%）对人体产生非致癌危害。

3.5.2 其他不确定因素分析

场地风险评估过程可能受到多种因素的影响，从而给评估结果带来一定的不确定性。影响本次场地风险评估结果的不确定性因素主要包括：

（1）场地风险评估所使用的部分建筑物参数为经验值，与特定场地的实际建筑物参数可能有一定的出入，这可能会对评估结果的精确性造成一定的影响。

（2）由于我国目前对于污染物基础毒性数据的不足，本次风险评估过程中使用的污染物毒理学参数如经口摄入参考剂量、经口摄入致癌斜率因子、呼吸吸入参考浓度等因素，均参考和借鉴美国环保局资料和污染场地健康与环境风险评估软件（RBCA软件）中的默认值，这些来自国外的毒理学参数应用于我国人群，进行风险表征是可行的，但是风险评估结果的精确度受到一定的影响。

3.6 模型参数敏感性分析

3.6.1 分析方法

当单一暴露途径风险贡献率超过 20%时，应进行人群和与该途径相关参数的敏感性分析。参数敏感性可用敏感性比值表示，公式如下，敏感性比值越大，表示该参数对风险的影响也越大。进行模型参数敏感性分析应综合考虑参数的实际取值范围确定参数值的变化范围。

$$SR = \frac{\frac{X2 - X1}{P2 - P1}}{P1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3-15)$$

其中：

SR—模型参数敏感性比例，无量纲；

P1—模型参数 P 变化前的数值；

P2—模型参数 P 变化后的数值；

X1—按 P1 计算的致癌风险或危害商，无量纲；

X2—按 P2 计算的致癌风险或危害商，无量纲。

3.6.2 分析结果

根据暴露风险贡献率分析结果，污染物砷的经口摄入土壤途径对致癌和非致癌风险的贡献率都超过 20%，吸入土壤颗粒物对非致癌风险贡献率超过 20%，因此对这两条暴露途径进行敏感性分析。分析结果如表 3-10、3-11 所示。

表 3-10 经口摄入途径参数敏感性分析

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
成人平均体重	BWa	kg	61.8	64.89	9.80E-05	9.33E-05	-95.24
成人每日摄入土壤量	OSIRa	mg·d ⁻¹	100	105	9.80E-05	1.03E-04	100.00
成人暴露频率	EFa	d·a ⁻¹	250	262.5	9.80E-05	1.03E-04	100.00
成人暴露期	EDa	a	25	26.25	9.80E-05	1.03E-04	100.00
致癌效应平均时间	ATca	d	27740	29127	9.80E-05	9.33E-05	-95.24

表 3-11 吸入土壤颗粒物途径参数敏感性分析

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
空气中可吸入浮颗粒物含量	PM10	mg·m ⁻³	0.119	0.12495	1.06	1.11	100.00
吸入土壤颗粒物在体内滞留比例	PIAF	-	0.75	0.7875	1.06	1.11	100.00
室外空气中来自土壤的颗粒物比例	fspo	-	0.5	0.525	1.06	1.07	17.24
室内空气中来自土壤	fspi	-	0.8	0.84	1.06	1.10	82.76

参数名称	符号	单位	P1	P2	X1	X2	SR (%)
的颗粒物所占比例							
成人室外暴露频率	<i>EFOa</i>	$d \cdot a^{-1}$	62.5	65.625	1.06	1.07	17.24
成人室内暴露频率	<i>EFla</i>	$d \cdot a^{-1}$	187.5	196.875	1.06	1.10	82.76

由表 3-9、3-10 可知，对于经口摄入途径，成人每日摄入土壤量、成人暴露频率、成人暴露期对风险评估结果影响最大。对于吸入土壤颗粒物途径，空气中可吸入浮颗粒物含量、吸入土壤颗粒物在体内滞留比例这两个参数对风险评估结果影响最大，而室外空气中来自土壤的颗粒物比例、成人室外暴露频率对风险评估结果影响较小。

3.7 土壤风险控制值

3.7.1 关注目标污染物

由致癌风险评估和非致癌风险评估可知，场地的重金属砷健康风险超过了对应的可接受水平，确定为目标污染物，需进一步计算各污染物的风险管控值。

3.7.2 风险控制值计算方法

目标污染物的风险控制值需基于健康风险评估结果采用剂量-效应模型，反算污染物的土壤风险控制值。其中污染物可接受的致癌风险水平为 1×10^{-6} ，可接受的非致癌风险水平为 1，并取各层计算结果的较小者作为初步的控制值。

(1) 基于致癌效应的土壤风险控制值

对于致癌效应的土壤风险控制值，计算基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物暴露途径致癌效应的土壤风险控制值的推荐模型，分别见公式 3-16、3-17、3-18、3-19。

基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (3-16) 计算：

$$RCVS_{ois} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o} \dots\dots\dots (3-16)$$

式中，

$RCVS_{ois}$ — 基于经口摄入途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

ACR —可接受致癌风险，无量纲；取值为 10^{-6} 。

公式（3-16）中 OISER_{ca} 的参数含义见公式（3-1），SF_o 的参数含义见公式（3-7）。

基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（3-17）计算：

$$RCVS_{dcs} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d} \dots\dots\dots (3-17)$$

式中，

RCVS_{dcs} —基于皮肤接触途径致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

ACR 的参数含义见公式（3-16），DCSER_{ca} 的参数含义见公式（3-3），SF_d 的参数含义见公式（3-8）。

基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（3-18）计算：

$$RCVS_{pis} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i} \dots\dots\dots (3-18)$$

式中：

RCVS_{pis} —基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

ACR 的参数含义见公式（3-16），PISER_{ca} 的参数含义见公式（3-5），SF_i 的参数含义见公式（3-9）。

基于 3 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（3-19）计算：

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o + DCSE_{ca} \times SF_d + PISER_{ca} \times SF_i} \dots\dots\dots (3-19)$$

式中：

RCVS_n —单一污染物（第 n 种）基于 3 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

ACR 的参数含义见公式 (3-16)，OISERca、DCSERca、PISERca、的参数含义分别见公式 (3-1)、公式 (3-2)、公式 (3-5)，SFo 和 SFd 的参数含义见公式 (3-7)，SFi 的参数含义见公式 (3-9)。

(2) 基于非致癌风险的土壤风险控制值

基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (3-20) 计算：

$$HCVS_{ois} = \frac{RfD_o \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}} \dots\dots\dots (3-20)$$

式中：

HCVSois 一基于经口摄入土壤途径非致癌效应土壤风险控制值，mg·kg⁻¹；
 AHQ 一可接受危害商，无量纲；取值为 1。
 RfDo AHQ 一经口摄入参考剂量，mg 污染物·kg⁻¹ 体重·d⁻¹，
 OISERnc 的参数含义见公式 (3-2)， SAF 的参数含义见公式 (3-10)。

基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (3-21) 计算：

$$HCVS_{dcs} = \frac{RfD_d \times SAF \times AHQ}{DCSER_{nc}} \dots\dots\dots (3-21)$$

式中：

HCVSdcs 一基于皮肤接触土壤途径非致癌效应土壤风险控制值，mg·kg⁻¹。
 AHQ 的参数含义见公式(3-20)，DCSERnc 的参数含义见公式(3-4)，RfDd 的参数含义见公式 (3-11)， SAF 的参数含义见公式 (3-10)。

基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (3-22) 计算：

$$HCVS_{pis} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{PISER_{nc}} \dots\dots\dots (3-21)$$

式中：

HCVS_{pis}—基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值，
mg·kg⁻¹。

RfDi 的参数含义见公式（3-12），AHQ 的参数含义见公式（3-20），PISERnc 的参数含义见公式（3-16），SAF 的参数含义见公式（3-10）。

基于 3 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值，采用公式（3-22）计算：

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\frac{OISER_{na}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{PISER_{nc}}{RfD_i}} \dots\dots\dots (3-22)$$

式中：

HCVSn —单一污染物（第 n 种）基于 3 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值，mg·kg⁻¹。

AHQ 的参数含义见公式（3-20），OISERnc、DCSERnc、PISERnc 的参数含义分别见公式（3-2）、公式（3-4）、公式（3-16）、RfDo 和 RfDd 的参数含义见公式（3-10），RfDi 的参数含义见公式（3-12），SAF 的参数含义见公式（3-10）。

3.7.3 初步风险控制值

通过《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）中的计算模型计算了重金属砷的风险控制值，计算结果如表 3-12、3-13 所示，由表可知，污染物砷基于致癌效应的土壤风险控制值为 0.46 mg/kg，基于非致癌效应的土壤风险控制值为 11.62 mg/kg，选择二者之间较小的值作为风险控制值，即本场地的计算管控值为 0.46 mg/kg。

表 3-12 基于致癌效应的土壤风险控制值计算结果，单位：mg/kg

关注目标污染物	致癌效应		综合风险控制值
砷	经口摄入	0.52	0.46
	皮肤接触	5.43	
	吸入土壤颗粒	10.51	

表 3-13 基于非致癌效应的土壤风险控制值计算结果，单位：mg/kg

关注目标污染物	非致癌效应		综合风险控制值
砷	经口摄入	15.02	11.62
	皮肤接触	175.80	
	吸入土壤颗粒	72.60	

4 修复目标及修复范围确定

4.1 场地修复目标值的确定

本次对于怀化洪江区 3614 厂污染场地的风险评估，基于场地的土壤、气候、水文地质参数和土地规划用途（旅游、商业用地），初步计算了土壤中砷的修复目标值。

根据风险控制值计算结果，采用如下原则选取修复目标值：如果计算值大于筛选值，则采用计算值作为污染土壤的修复目标值；反之，如果计算值小于筛选值，则采用筛选值作为污染土壤的修复目标值。同时，综合考虑国内外类似污染物修复目标值、本场地特征情况、未来土地利用规划情况，综合评估判断确定修复目标值和风险管控目标值如表 4-1 所示。

决定各个污染物最终修复目标值时，原则上需要以国标筛选值为参照，不应超过国标管制值。在此基础上，综合考虑国家和地方标准、污染物特性、参考国内外同类污染物类似场地修复目标值，以确定不同污染物修复目标值。

对于污染物砷修复目标值的选取，有以下考虑：

（1）按《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3—2019）中砷的计算修复目标值为 0.46 mg/kg，该值作为保证人体在不受污染物损害的前提下污染物最高浓度，但综合实际情况来看，湖南省主要土壤类型为红壤和黄壤，根据《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600—2018）附录 A，这类土壤类型砷背景值在 40 mg/kg，因此修复目标值若定为 0.46 mg/kg，则修复成本巨大，造成过度修复。

（2）《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600—2018）二类用地筛选值为 60 mg/kg，管制值为 140 mg/kg，根据该标准要求，修复目标值应在管制值之内。

（3）湖南地方标准《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T 1165-2016）中商业用地砷的修复总量标准为 70 mg/kg。

由风险计算的修复目标值小于《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600—2018）二类用地筛选值为 60 mg/kg，因此，按照该筛选值作为最终的修复目标值。本场地的砷的修复目标值建议取 60 mg/kg。

表 4-1 土壤风险管控和修复目标值确定 (mg/kg)

污染物	计算管控值	G36600 二类用地筛选值	G36600 二类用地管制值	DB43/T 1165 商业用地修复目标值	国内外案例修复目标值范围	建议修复目标值
砷	0.46	60	140	70	0.38~20	60

4.2 场地修复范围划定

将场地污染物检测结果与上节中确定的修复目标值进行一一比对,并利用美国 Golden Software 公司编制的插值绘图软件 Surfer, 将绘制怀化洪江区 3614 厂污染场地各层污染物浓度等值线图,并统计污染面积,而污染值浓度高于修复目标值的土壤必须进行修复,以降低污染物的浓度。通过前期调查分析,将该调查场地分为三层:第一层(0~1.0 m)、第二层(1.0~1.5 m)、第三层(1.5~2.0 m)。由第二章场地污染分析可知,本场地大于修复目标值的砷浓度分布 0-1.5m 之内,即第一层和第二层有污染,而第三层(1.5~2.0 m)的砷不超标,因此通过插值法计算砷在第一层和第二层的修复面积,对应的修复范围见图 4-2、4-3。

由图 4-2 可知,怀化洪江区 3614 厂污染场地表层(0~1.0 m)均需修复,修复面积为 21331.00 m²,修复深度为 1.0 m。第二层(1.0~1.5 m)需修复面积为 20702.48 m²,修复深度 0.5 m。

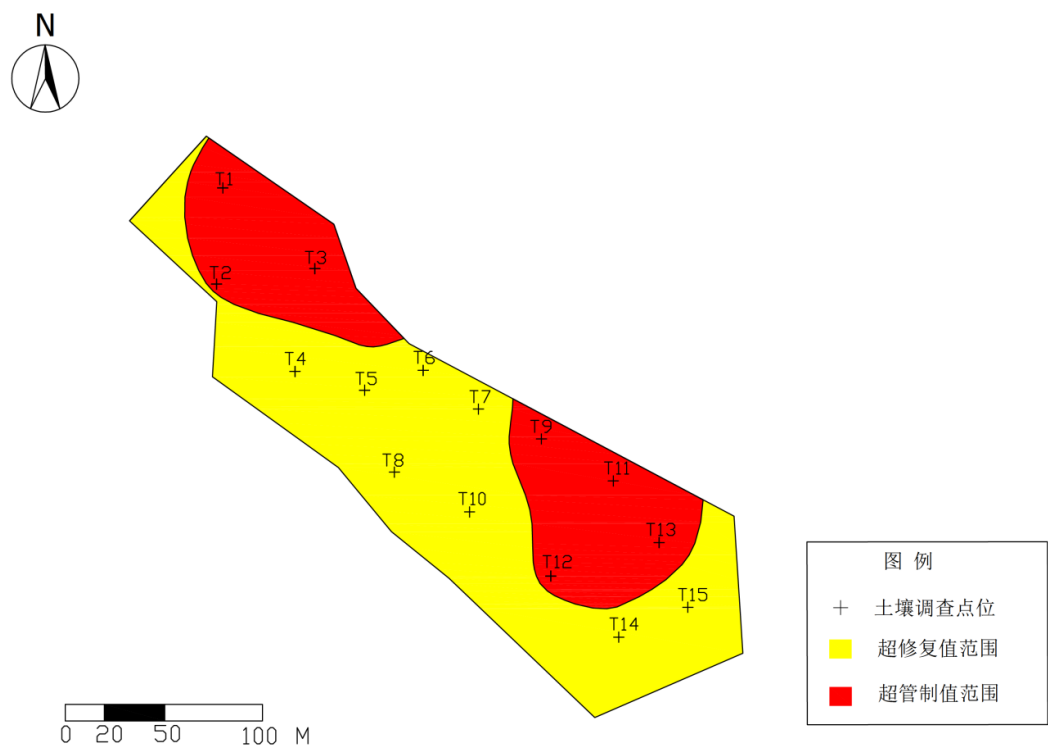


图 4-2 第一层修复范围

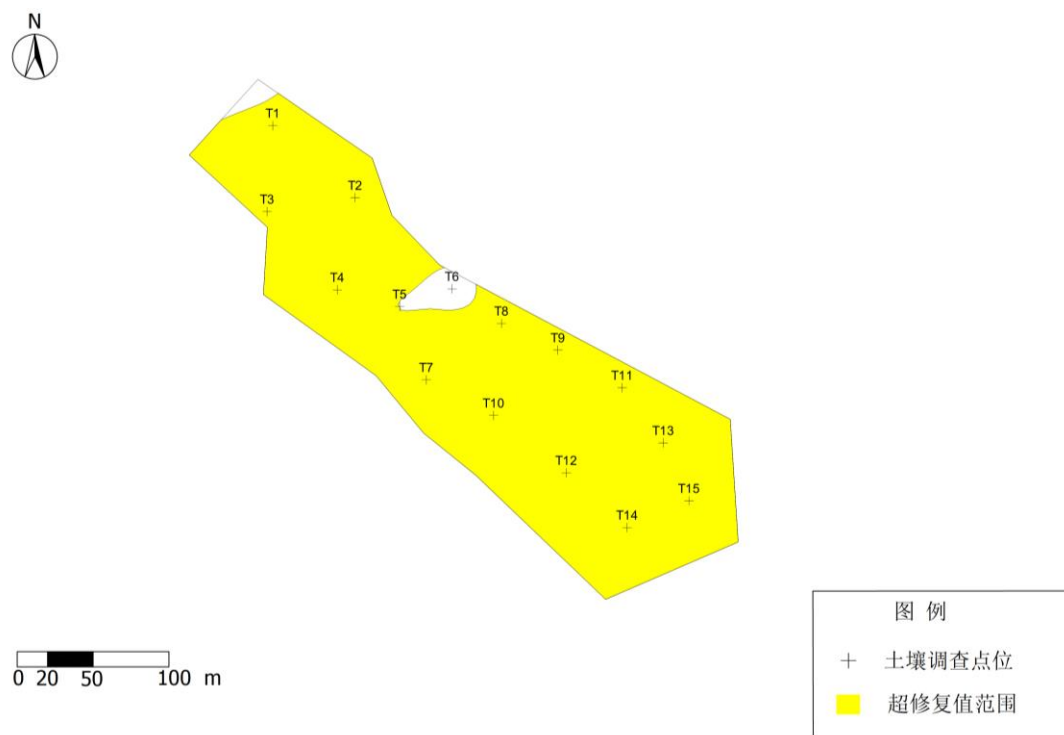


图 4-3 第二层修复范围

4.3 各层土壤修复土方量

利用调查点位的关注污染物数据分层计算污染土壤的修复面积和方量。利用克里金插值得到全场地的污染物分布范围，将修复目标值作为筛选阈值，得到不同深度的土壤修复面积和修复土方量如表 4-2 所示。

表 4-2 场地土壤治理修复面积及方量

序号	修复深度 (m)	砷污染治理修复面积 (m ²)	修复方量 (m ³)
1	0-1	21331.00	21331.00
2	1-1.5	20702.48	10351.24
总计土方量			31682.24

调查场地第一层（表层，0-1m）土壤修复面积为 21331.00 m²，修复土方量约 21331.00 m³；第二层(1-1.5m)修复面积为 20702.48 m²，修复土方量约 10351.24 m³；场地内受重金属砷污染土壤修复总计方量为 31682.24 m³。

5 场地污染物修复初步方案

5.1 修复方案初选

(1) 土壤重金属去除技术

目前去除土壤中重金属的研究主要集中在以下几个方面：

a) 微生物降解

微生物方法一般采用原位处理方式，最常用的原位处理方式是进入土壤饱和带的生物降解。可采取添加营养物、供氧和接种特异工程菌等措施提高生物降解能力。微生物修复技术的特点是在处理污染的过程中土壤基本结构不受破坏，对周围环境影响小，生态风险小；工艺路线和处理过程相对简单，但是整个处理过程难于控制，工期较长也不易准确确定。这种方法受菌种稳定性及所吸附重金属浓度范围影响较小，还未能工业上广泛应用。

b) 淋洗技术

化学淋洗是用各种酸或有机络合剂对污泥进行酸化或络合处理，使难溶解的金属化合物形成可溶解的金属离子或金属络合物，然后分离去除。

化学淋洗技术主要围绕着是用表面活性剂处理，还是用螯合剂或酸处理重金属来修复被污染的固体废弃物。淋洗法可以部分去除土壤中大量的污染物，限制有害污染物的扩散范围，还具有消耗相对较少，操作人员可不直接接触污染物等优点。

污染物的种类决定了使用淋洗液的类型。对于固体废弃物的治理而言，淋洗过程包括了淋洗液向固体废弃表面扩散，对污染物质的溶解、淋洗出的污染物在固体废弃物内部扩散、淋洗出来的污染物从固体废弃物表面向液体扩散等过程。所以，化学淋洗的总体效率既与淋洗剂和污染物之间的作用有关，也与淋洗剂本身的物理化学性质及固体废弃物对污染物、化学淋洗剂的吸附作用等有关。在环境治理中应用较多的化学淋洗也主要有无机溶剂、螯合剂、表面活性剂等。

利用化学淋洗方法，在一定条件下能去除固体废弃物中部分的重金属元素，但是其去除重金属的效率受淋洗剂和污染物本身性质的制约，应用范围有一定的限制，而且这种方法普遍需要投入大量的酸化剂来酸化固体废弃物降低其 pH 值，在处理后期又需要投加碱液来中和淋洗后的酸化物质，所以这种方法存在着处理

成本相对较高的缺点，而且投入的药剂仍有一部分会残留在土壤中，对土壤的日后处置副作用极大，同时可处理的重金属含量小于 50%。

c) 植物修复

植物修复技术是利用绿色植物来转移、容纳或转化污染物使其对环境无害化的技术，即利用重金属超积累的植物从土壤中吸取金属污染物，随后进行收割并进行集中处理，连续种植该植物，达到降低或去除土壤重金属污染的目的。植物修复技术又可分为植物提取、植物挥发和植物稳定三种类型。

植物修复技术是一种新兴的重金属处理技术，其优点是投资少，容易操作。但植物生长需要考虑到周围生态环境的因素，治理周期原则上大于 7 年。植物修复技术应用前需根据当地的气候环境、土壤条件、重金属污染形态等研究与筛选有效的植物种类，且当污染情况过于严重时，由于土壤/污泥具有较大的毒性，致使植物无法存活，故在重金属严重污染的情况中不能单独采用植物修复技术，应搭配化学法等其他技术配套使用。另外，植物修复技术目前尚处于研究阶段，还未有大工程单独应用实例。

2) 控制重金属活性的技术

到目前为止，已发展了许多控制重金属活性的污染治理技术，其大部分是应用固化/稳定化原理，来抑制固体废弃物中重金属的活性，从而影响重金属生物的有效性来降低重金属元素毒性。

重金属稳定化技术概括起来包括：pH 值控制技术；氧化/还原电势控制技术；沉淀技术；固化/稳定化技术。

a) pH 值控制技术

这是一种最普遍、最简单的方法。其原理为：加入碱性药剂，将废物的 pH 值调整至使重金属离子具有最小溶解度的范围，从而实现其稳定化。常用的 pH 调整剂有石灰、苏打、氢氧化钠等。除此以外，大部分固化基材，如普通水泥、石灰窑灰渣、硅酸钠等也都是碱性物质，它们在固化废物的同时，也有调整 pH 值的作用。另外，石灰及某些类似的粘土可用作 pH 缓冲材料。但如果外界环境变化引起 pH 值发生改变时，重金属的稳定性会再次发生变化，而应采用水泥等固化的机理主要是用水泥等对污染物质的物理包容，但当包容体破裂后污染又会再次回到环境中，无法实现稳定而安全重金属污染控制。

b) 氧化/还原电势控制技术

为了使某些重金属离子更易沉淀，常要将其还原为最有利的价态。最典型的是把 6 价铬还原为 3 价铬、把 5 价砷还原为 3 价砷。常用的还原剂有硫酸亚铁、硫代硫酸钠、亚硫酸氢钠、二氧化硫等。

c) 沉淀技术

常用的沉淀技术包括氢氧化物/氧化物沉淀、硅酸盐沉淀、碳酸盐沉淀、共沉、无机络合物沉淀和有机络合物沉淀。氢氧化物沉淀法即 pH 控制法，不同金属在特定的 pH 值条件下具有最低的溶解度，适当调节溶液的 pH 值可以达到去除溶液中重金属的目的。但当 pH 值改变时，重金属可能会以离子形式再次析出。沉淀技术受 pH 值的限制较大，当稳定化产物的 pH 值升高或降低时，沉淀的重金属都会再度浸出，不适合于重金属废物的长期稳定化处理。

d) 固化/稳定化技术

所谓固化/稳定化，即使加入土壤添加剂改变土壤的理化性质，通过重金属的氧化还原、吸附或共沉淀作用改变其在土壤中的存在形态，从而降低其生物有效性和迁移性，是一种缓解土壤污染物对生物毒害的有效方法。另外，污染土壤中的毒害重金属被固化/稳定化后，可减少向土壤深层和地下水迁移。实际上，固化/稳定化技术包含了两个概念。固化是指将污染物包裹起来，使之呈颗粒状或大块状存在，进而使污染物处于相对稳定的状态。稳定化是指将污染物转化为不易溶解、迁移能力或毒性小的状态和形式，即通过降低污染物的生物有效性，实现其无害化或者降低其对生态系统危害性的风险。许多情况下，稳定化过程与固化过程不同，稳定化结果使污染土壤中的污染物具有较低的泄露、淋失风险。

3) 风险控制技术

a) 客土、换土、表土深耕稀释

客土法是在污染土壤表层加入非污染土壤，或将非污染土壤与污染土壤混匀，使得重金属浓度降低到临界危害浓度以下，从而达到减轻危害的目的。换土法是将污染土壤部分或全部换去，换入非污染土壤。客土或换土的厚度应大于土壤耕层厚度。去表土是根据重金属污染表层土的特性，耕作活化下层的土壤。深耕翻土是翻动土壤上下土层，使得重金属在更大范围内扩散，浓度降低到可承受的范围。

b) 覆盖表土

覆盖表土是阻断受污染土壤的暴露途径，避免直接与人体接触。

5.2 修复方案初选结果

重金属污染土壤修复是一项系统工程，在技术方案筛选中应充分考虑技术可行性、治理周期、土地规划用途和处理经济性等多种限制因素。因此，在设计重金属土壤治理方案前应根据上述限制因素筛选基本处理工艺，并结合具体污染状况、技术可行性和工程实施难度明确备选方案，技术方案筛选如表 5-1 所示。

由表 5-1 常用污染土壤修复技术介绍，考虑此项目区域土壤污染的实际情况并综合考虑技术可靠性、工程操控性、成本经济性的最优匹配，怀化洪江区 3614 厂污染场地重金属污染土壤治理最佳治理与修复技术是固化/稳定化技术和土壤淋洗技术。

表 5-1 重金属砷修复技术简介

技术类型	优点	缺点	施工方法及治理后土壤性质变化	治理成本	结论
物理化学修复	固化/稳定化	原位修复，工艺简单可操作性强，经济可行，处理周期短，处理后材料可作为建设或绿化用地，国内外有大规模的工程应用实例。	经固化/稳定化处置后的土壤环境对其中重金属活度及稳定性有影响。	低	该技术可有效降低土壤重金属活度，控制污染地区重金属迁移。故推荐作为本区域治理技术手段。
	土壤淋洗	污染物去除彻底，治理后土壤可用于原址回填，适用于污染严重、面积较小的土壤修复。	淋洗后废水的处理增加成本。淋洗后土壤结构和肥力破坏严重。	高	处理过程中容易造成二次污染，处理成本较高。
工程修复	客土换土法	工艺流程简单，可操作性强，治理效果稳定，治理场地可作为建设或绿化用地。	需要取用大量客土，并且等量污染土壤需要处置。	较低	该区所需客土量大，且去除的大体积污染土壤难以找到合适的处置场所。
生物生态修复	植物修复	成本低，不破坏土壤结构和肥力，改善生态环境。	修复周期长，对于深层污染的修复有困难，提取型植物存在污染物通过“植物—动物”的食物链进入自然界的可能。	低	辅助治理技术：在一定的范围内采用稳定化植物修复技术作为接纳治理后土壤的生态绿地等区域的后期辅助治理措施，用以改善区域土壤生态环境，以发挥项目的长效机制。
	微生物修复	成本低，对土壤及周边环境无破坏，不需要特殊场地建设，可同时处理土壤和地下水。	治理周期长，微生物生长环境条件要求较高，且微生物处理污染物具有特异性。		
	组合人工湿地技术	成本低廉，经济可行；利用周边生态环境恢复；对土壤结构和土壤肥力无伤害。	治理周期漫长，冬季植物活性降低，对重金属吸附能力下降；工程占地面积大。		

5.3 技术比选

根据修复技术的初选，适合本场地重金属砷污染物的修复技术有固化/稳定化、土壤淋洗技术，下面对这两种方案进行比选，比选指标主要为：对土壤形态影响、可操作性、处理费用等，具体比选过程如表 5-2 所示。具体修复方案需结合项目实际进行选择。

表 5-2 两种污染土壤修复技术的比较结果

对比项目	固化/稳定化	土壤淋洗	推荐方案
对土壤形态影响	基本不改变土壤的形态（土壤的肥性会略有下降）	淋洗后土壤结构和肥力破坏严重。	固化/稳定化
可操作性	工艺简单可操作性强，经济可行。	基建工程量大，占地面积较大。	固化/稳定化
处理费用	较低	偏高	固化/稳定化
实用性	处理后材料可作为建设或绿化用地，国内外有大规模的工程应用实例。	适用于污染严重、面积较小的土壤修复，尚无大规模工程实例。	固化/稳定化
化学药剂及材料消耗	添加固化剂，稳定剂，耗材较多。	投加化学淋洗剂	两方案相当
处理周期	较短	较短	两方案相当
处理效果	效果显著	效果较好	固化/稳定化
环境问题	对环境无明显影响。	易引起二次污染容，易导致地下水污染。	固化/稳定化

5.4 修复场地废渣处理

选用符合国家相关标准的废渣进行场地修复

（一）场地遗留废渣的清运工程

场地遗留固体废渣主要以建筑垃圾和周边居民的生活垃圾为主，据《怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查报告》（2017 年 6 月）通过对三个渣样点进行水浸、酸浸试验，结果表明，该废渣不属于危险废物，但属于 II 类工业固废，需按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB 18599-2001）》中 II 类固废要求进行处置。

(1) 设置施工安全生产牌，文明施工牌，做好设备拆除工程施工现场的围护。在设备拆除工程施工现场醒目位置设置施工标志牌、安全警示标志牌，采取可靠防护措施，实行封闭施工。

(2) 进入施工现场，首先拆除与拆除物相连的管道、设备、电气、照明设施，拆除设备全部腾空，拆除物及时外运，堆放在警戒线以外的安全区域。

(3) 在建筑物的南北两侧各放置一台除尘机，采用湿法作业，控制施工扬尘，砂石飞溅。

(4) 拆除时采用先上后下、先非承重结构后承重结构。

(7) 设备完全解体后，对其中的可利用资源进行选择性的挑选，然后暂时储存储备用，其余废弃垃圾用挖掘机装车，自卸汽车外运到厂外的垃圾堆放处。

(8) 地上部分设备完全拆除后，拆除地下部分，破除砼地坪、地梁、地沟及大型的杯口和独立基础。

(9) 遇到地下管线时，先与业主联系管线是否是废弃的，能否拆除，确定后方可用冷法切割，明确管内无易燃、易爆物后，才可动火使用氧气乙炔焰切割。

(二) 安全保障措施

(1) 施工现场必须有技术人员统一指挥，严格遵循拆除方法和拆除程序。

(2) 拆除现场施工人员，必须经过行业主管部门指定的培训机构培训，并取得资格证方可施工。

(3) 施工人员进入施工现场，必须戴安全帽，扣紧帽带；高空作业必须系安全带、安全带应高挂低用，挂点牢靠。

(4) 施工现场必须设置醒目的警世标志，采取警戒措施派专人负责。非工作人员不得随意进入施工现场。

(5) 建筑物拆除时，应自上而下，顺序进行，禁止数层同时拆除。当拆除某一部分的时候应防止其它部分倒塌。

(6) 拆除项目竣工后，必须有验收手续，达到工完、料清、场地净，并确保周围环境整洁和相邻建筑、管线的安全。

(7) 拆除物受自然气候、环境影响较大，密切注意，防患于未然。每个工作日结束后，工程技术人员必须去现场检查，确认拆除物是否需加固，作到安全无隐患。

(三) 建筑垃圾的综合利用

(1) 建筑垃圾中砖、瓦经清理可重复使用,废砖、瓦、混凝土经破碎筛分分级、清洗后作为再生骨料配制低标号再生骨料混凝土，用于地基加固、道路工程垫层、室内地坪及地坪垫层和非承重混凝土空心砌块、混凝土空心隔墙板、蒸压粉煤灰砖等生产。

(2) 再生骨料组份中含有相当数量的水泥砂浆，致使再生骨料孔隙率高、吸水性大、强度低。这些都将导致所配混凝土拌合物流动性差，混凝土收缩值、徐变值增大，抗压强度偏低，限制了该混凝土的使用范围。

(3) 建设工程中的废木材，除了作为模板和建筑用材再利用外，通过木材破碎机，弄成碎屑可作为造纸原料或作为燃料使用，或用于制造中密度纤维板。

(4) 废金属、钢料等经分拣后送钢铁厂或有色金属冶炼厂回炼。

(5) 废玻璃分拣后送玻璃厂或微晶玻璃厂做生产原料。

(6) 废油毡填埋处理；基坑土及边坡土送烧结砖厂生产烧结砖，碎石经破碎、筛分、清洗后做混凝土骨料。

(四) 固废的转运工程

(1) 运输路线

运输路线的选择应根据集中处置场的地理位置、服务的区域范围、地理位置分布、运输时间、交通状况等因素进行综合考虑。原则上每辆固体废物的运输车安排专人执行固定的行程，使运输服务标准化，避免经常性机动调派运输车造成的人员上的困难、突然状况和成本的提高；同一堆放点的运输车辆适当分组，以便在紧急或其他临时状况下能够机动支援。

本项目需严格按照工业固体废物运输的管理规定进行工业固体废物的运输，减少运输过程中的二次污染和可能造成的环境风险。建议委托专业化的工业固体废物运输公司对工业固体废物实行专业化运输。同时，运输车辆宜配置汽车行驶记录仪（简称汽车黑匣子），减少交通事故隐患、降低事故发生率。在运输过程

中，每台废渣运输车都应配备 GPS 定位系统与无线通讯装置，一旦运输过程中发现泄漏或出现车辆抛锚等紧急情况时，处置中心就会收到预警报告，并可受理车载终端的各种报警（如：非法移动、非法开关车门、超界、超速、紧急求助等）信号，锁定该报警目标，然后即可根据情况做必要处理（如监视、跟踪、提醒司机、遥控断油熄火等），防止车载废物污染环境，并及时派出救援车辆和技术人员赶往现场处理。

在运输过程中必须做好废物的密封包装，防止在运输过程中的渗漏、溢出等情况。

对运输工业固体废物的车辆必须定期进行检查，及时发现安全隐患，确保运输的安全。负责运输的司机必须通过培训，了解相关的安全知识。事先需做出周密的运输计划和行驶路线，其中应包括废物泄漏情况下的有效应急措施。

（2）运输过程中的污染控制

为防止建筑垃圾转运过程对环境造成污染，必须采取如下防范措施：

制定合理、完善的废物收运计划，选择最佳的废物收运时间，运输线路尽量远离城镇及村庄等敏感区域；

建筑垃圾运输的车辆必须有塑料内衬和帆布盖顶；

直接从事废物收集、运输的人员，应接受专门培训并经考核合格后方可上岗；

运输车辆设置明显的标志并经常维护保养，确保车况良好和行车安全；

制定必要的突发事件应急处理计划，运输车辆配备必要的工器具和联络通讯设备，以便意外事故发生时及时采取措施，消除或减轻对环境的污染危害。

6 结论与建议

6.1 结论

通过对怀化洪江区 3614 厂污染场地的污染进行识别，根据政府最新规划要求，目前已经将该地块划拨为商业和文化设施用地，为二类用地。本场地重金属砷超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》（GB36600—2018）中二类用地的筛选值和管控值，超过湖南地方标准《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T 1165-2016）中商业用地的修复值，被确定为本场地的关注目标污染物。

按功能区将本场地划分为塑料厂、电镀厂和制药厂 3 个区域，分别对这 3 个区域的关注污染物进行风险评估，暴露点浓度分别选取这 3 个区域的最大值（每个区域样本量小于 8 个），0-1.0m 为表层污染土壤，1.0-1.5 为下层污染土壤。而 1.5-2.0 m 之间土壤中的砷均未超过 GB 36600-2018 和 DB43/T 1165-2016 的标准值。

塑料厂、电镀厂和制药厂的致癌风险分别为 $1.31\text{E}-04$ 、 $1.08\text{E}-04$ 、 $1.08\text{E}-04$ ，均超过 HJ 25.3-2019 中的可接受致癌风险水平 10^{-6} ，危害商分别为 2.71、2.22、2.22，均超过 HJ 25.3-2019 中的可接受非致癌风险（危害商）水平 1。因此，分别基于致癌风险、和非致癌风险计算了风险管控值，选取二者较小值作为最终计算风险管控值，为 0.46 mg/kg 。

在计算风险管控值、GB36600—2018 二类用地筛选值、湖南地方标准 DB43/T 1165-2016 中选择合理的值作为修复目标值。通过综合分析，选定 GB36600—2018 二类用地筛选值作为本场地砷的修复目标值，该值为 60 mg/kg 。

在选定修复目标值的基础上，通过插值法计算了修复面积和修复土方量，第一层（表层，0-1m）土壤修复面积约为 21331.00 m^2 ，第二层（1-1.5m）修复面积约为 20702.48 m^2 ，总修复土方量为 31682.24 m^3 。

6.2 建议

（1）怀化洪江区 3614 厂污染场地土壤未达到旅游、商业用地的要求，对于超过修复目标值的污染区域，要制定修复方案进行修复以降低污染物浓度，使该场地达到规定用地的要求。

（2）建议土地利用规划与场地污染状况及修复方案制定相结合，最大程度地降低修复成本和工作量。

（3）建议修复方案实施与开发建设工程有机结合，包括开发顺序和基坑深度，土方平衡等，最大程度地降低工程投资，对整体工程包括污染土壤修复工程和后期开发工程进行最优化组合。

（4）建议对修复前场地进行适当的隔离和保护，防止污染物发生迁移和扩散，防止发生人体健康危害事故等。

7 附件和附图

附件 1 风险评估评审意见

专家组综合评审意见

项目名称	怀化洪江区 3614 厂污染场地风险评估报告
2020 年 8 月 25 日,受湖南省生态环境厅和湖南省自然资源厅委托,湖南省生态环境事务中心组织召开了《怀化洪江区 3614 厂污染场地风险评估报告》(以下简称“风评报告”)专家评审会。参加会议的有怀化市生态环境局、怀化市自然资源和规划局、怀化市洪江区自然资源局、怀化市生态环境局洪江区分局、编制单位湖南德宏工程管理咨询有限公司等单位代表。会议邀请了 5 位专家组成专家组(名单附后)。与会专家和代表听取了编制单位关于风险评估报告的汇报,查阅了相关材料,经充分质询与讨论,形成如下评审意见: (一)项目概况 怀化洪江区 3614 厂地处湖南省怀化市洪江区新街范家冲至罗汉山地段,污染地块中心经度:东经 109°59'31"中心纬度:北纬 27°06'31"。距离城区为 1 公里,毗邻洪江嵩云山景区药王寺旅游景点,周围有原职工宿舍和当地居民房。污染地块总面积约 21331m²。调查场地涉及的企业包括 3614 兵工厂、正驰医药、原洪江市电镀厂、原洪江市第三塑料厂等企业,均属于重点行业企业用地。根据用地规划,怀化洪江区 3614 厂污染地块将作为旅游、商业建设用地。 根据国家生态环境部最新颁布的《中华人民共和国土壤污染防治法》(自 2019 年 1 月 1 日实施)、《土壤污染防治行动计划》(国发〔2016〕31 号)、原国家环境保护部《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》(环发〔2014〕66 号)、《湖南省土壤污染防治工作方案》(湘政发〔2017〕4 号)等有关文件指示精神,2017 年 4 月,原洪江区环境保护局委托湖南恒炬勘查有限公司对洪江区 3614 厂污染场地进行了岩土工程勘察,委	

托湖南华弘检测有限公司进行了场地调查。2020年3~7月，怀化市生态环境局洪江区分局委托湖南华域检测有限公司进行了补充监测；2020年6月，委托湖南德宏工程管理咨询有限公司开展风险评估工作。湖南德宏工程管理咨询有限公司采用国家和湖南省污染场地风险评估相关的标准和技术规范，编制完成《怀化洪江区3614厂污染场地风险评估报告》。怀化市洪江区管理委员会作为洪江区3614厂污染场地风险评估建设方，全面负责本项目工作。

（二）风评结果

风评报告按照《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），开展了场地污染识别、场地污染状况分析，包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征等在内的场地风险评估工作。

结合《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第二类用地筛选值和管制值、湖南省《重金属污染场地土壤修复标准》（DB43/T1165-2016）等标准要求，基于场地规划土地利用类型，风评报告提出二类用地土壤污染物砷的修复目标值为60 mg/kg。

（三）评审结论

土壤污染状况调查的数据基本满足风险评估的要求；土壤污染风险评估程序与方法符合国家相关标准规范要求；土壤污染风险评估报告包括了主要污染物状况、土壤污染范围、暴露情景与公众健康风险、风险管控、修复的目标和基本要求、场地修复范围的确定及其修复工程量计算等；该场地污染风险不可接受，需要采取风险修复或管控措施；报告提出的风险修复或管控目标科学合理。

报告经修改完善并经专家组复核后可上报备案，并可作为纳入建设用地土壤污染风险管控或修复名录依据。

(四) 修改意见

1、细化场地相关资料和历史信息,说明场地用地现状、用地权属,核实地规划用地性质,明确场地周围用地现状、规划用地性质及污染情况,补充场地拐点坐标,补充敏感目标分布和土地利用规划图,说明与生态红线的关系。

2、场地内回填大量废渣,明确属性及分布。

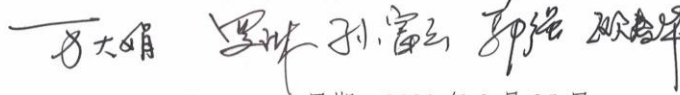
3、细化说明监测过程、监测布点原则和依据,明确场地调查和补充监测结论,完善危害识别,核实废渣下和场地边界外围土壤监测结果及污染分布。

4、说明场地所在区域供水情况和地下水用途,说明超标原因,补充相关风险评估。

5、核实土壤物理性质参数,明确数据来源,完善暴露途经和情景,核实土壤修复范围和规模。

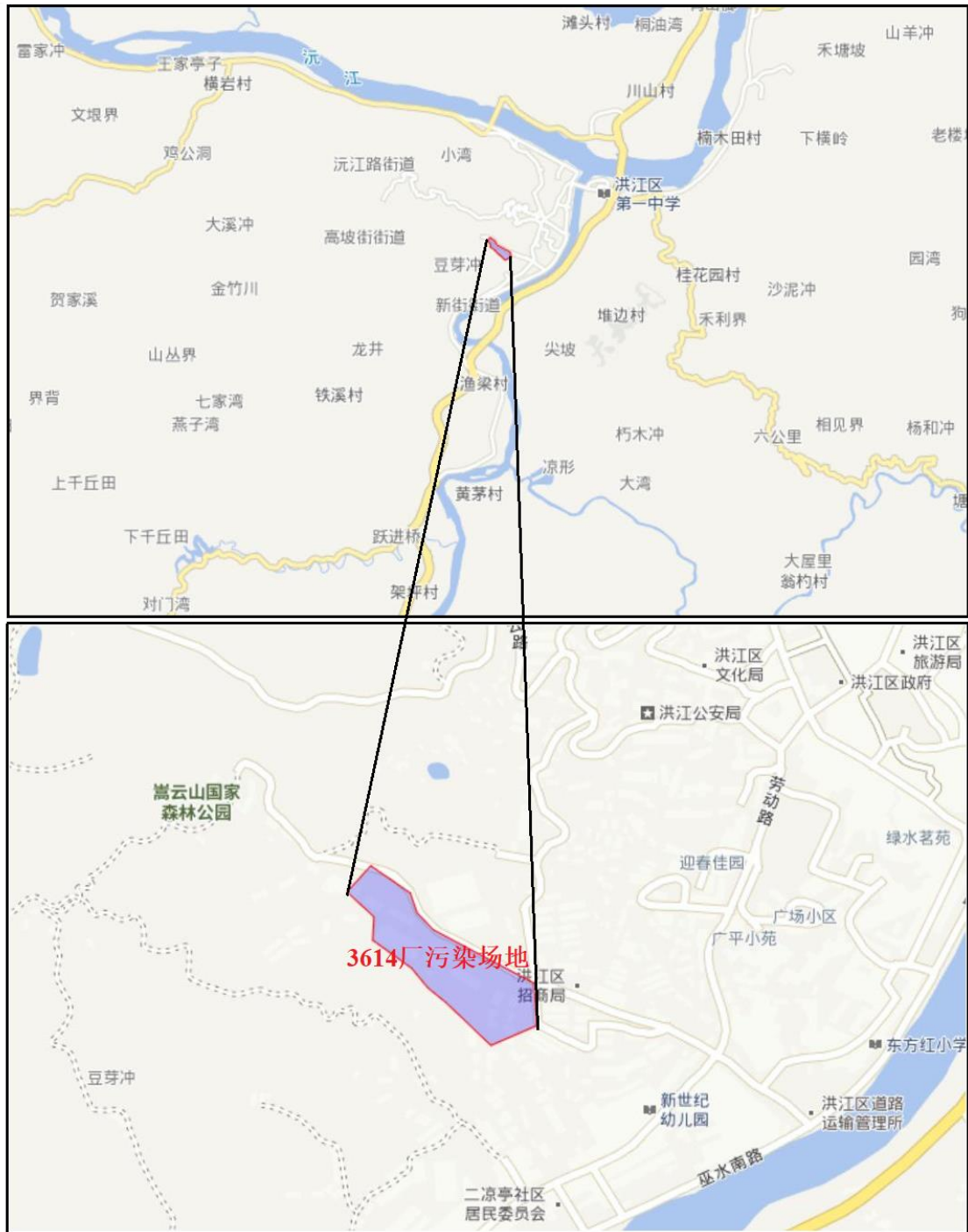
6、核实筛选场地土壤和地下水修复或管控技术,提出修复或管控策略或环境管理建议。

专家组: 王大娟(组长)、罗琳、孙富云、郭强、欧春华(执笔)



日期: 2020年8月25日

附件 2 洪江区 3614 厂污染场地位位置示意图



洪江区 3614 厂污染场地位位置示意图

附件 3 场地调查评审意见

洪江区 3614 厂地块土壤污染治理修复项目
场地调查报告及治理工程实施方案专家
评审意见

2017 年 6 月 17 日，怀化市环保局怀化主持召开了《洪江区 3614 厂地块土壤污染治理修复项目场地调查报告》和《洪江区 3614 厂地块土壤污染治理修复项目实施方案》技术评审会，参加会议的有怀化市环保局、洪江区环保局、场地调查单位湖南华弘检测有限公司和治理方案编制单位湖南省湘伟建设服务有限公司等相关领导和代表，会议邀请了三位专家组成技术评审组（名单附后）。评审会上，建设单位汇报了项目的基本情况、技术支撑单位汇报了场地调查及实施方案内容，与会专家和代表对技术方案进行了认真的评审。经充分讨论，形成如下评审意见：

一、场地调查报告及实施方案整体评价

场地调查及治理实施方案内容较全面，提出的工程措施基本可行，基本符合污染土壤治理项目技术方案相关的规范要求，经修改完善后可作为下一步工程的实施依据。

二、修改意见

（一）场地调查：

序号	修改意见	修改结果
----	------	------

1	进一步补充完善调查依据章节内容(相关法律法规标准规范)。	已经补充纠正
2	补充完善敏感目标章节内容, 该 3614 地块项目与洪江市自来水厂取水口的位置(上游还是下游)	P21 p22 3614 地块项目与洪江市自来水厂取水口, 直线距离大约 2.1km, 处于洪江市自来水厂取水口的下游。
3	进一步完善工作计划章节内容, 应例表说明场地土壤采样点位坐标, 地面标高; 根据相关导则标准规范说明对工矿企业厂区范围采样的原则和要求, 并补充数据分析与评价方法(土壤内罗梅污染指数评价标准)。	P45-48 表 5-3 布点位置详情 P25 4.1 基本原则 P68-73 数据分析与评价等
4	进一步补充完善第一阶段调查补充原制药厂、塑料厂、电镀厂平面布置; 根据不同生产工艺及产排污节点, 补充甲苯、环乙酮等有机污染指标。	图 3.2 图 3-3 P73, 5、土壤有机污染物检测结果分析 无有机污染问题
5	进一步补充细化和完善污染源调查分析内容, 补充地表水进舞水河口采样和地下水采样监测数据, 并附原始检测报告, 同时核实纠正水浸总量所对照的标准, 核实细化区域遗留废渣分布情况及	P68-73

	污染物的量、属性	
6	补充污染场地勘报告，细化污染土方量、废渣量等计算。	已经补充
7	补充污染场地风险评估分析	P78 6.4 污染风险评估结论

(二) 实施方案：

序号	修改意见	修改结果
1	进一步核实细化工程量及投资估算	P44 P1
2	明确修复目标和修复范围，补充完善区域污染现状描述细化修复深度、修复边界	P44
3	进一步补充完善修复施工过程二次污染防治措施，补充二次污染风险防范及应急预案	在 P75 P76 增加 6.8 防止二次污染措施及 6.9 安全管理及应急预案
4	明确污染场地土地利用规划用途	P19 怀化市洪江区管理委员会对 3614 地块修复后规划为旅游、商业和建设用地，参见 3.1.7
5	进一步优化治理方案，补充有机污染物修复方案根据《污染场地土壤修复技术	经检测、该地块有机污染无超标

	导则》补充稳定化固化技术可行性评估 过程包括可行性评估的必要性及中试和小试的实施过程结果介绍	P67
6	补充完善施工内容、施工量、施工步骤 所采用的技术。	P59

专家组：罗琳（组长）、黄顺红、陈亮

附件5.1 重金属污染地块土壤修复项目评审

专家签到册

姓名	单位	职务、职称	签名
罗峰	湖南农大	教授	罗峰
黄顺红	湖南有色金属研究院	教授	黄顺红
陈亮	湖南省科学院	讲师	陈亮

怀化市洪江区自然资源局

关于怀化市洪江区 3614 厂污染场地 用地性质的说明

怀化市洪江区 3614 厂污染场地(以下简称“污染场地”)
地处湖南省怀化市洪江区新街范家冲至罗汉山地段,毗邻洪
江嵩云山景区药王寺旅游景点,根据《怀化市洪江区城市总
体规划(2012—2030 年)》,该污染场地用地性质为商业用
地和文化设施用地。

特此说明。

2020 年 10 月 12 日



怀化市洪江区管理委员会

怀化市洪江区管理委员会 关于洪江区3614厂地块土壤污染治理修复 项目情况的说明

1966年根据国家三线建设的战略部署，中央决定筹建三线建设第3614兵工厂，1970年三月正式投入生产，1978年底，根据中央要求，进行了厂区扩建，1992年搬迁至长沙。3614兵工厂搬迁后，洪江区先后在该地块建有原洪江市塑料三厂、原洪江市三化工厂、原洪江市正驰制药厂、原洪江市电镀厂、原洪江市翻砂厂、怀化市万源助剂有限公司等企业。因当时环保意识淡薄，缺少相应环保措施，该地块土壤受镉、砷、锰等重金属污染因子严重影响。现洪江区管理委员会已将这块土地规划为旅游、商业和文化建设用，故急需将3614地块进行土壤修复，望上级部门予以支持。特此说明。



附件5 关于核定怀化市洪江区 3614 厂污染场地边界拐点坐标的说明

怀化市洪江区自然资源局

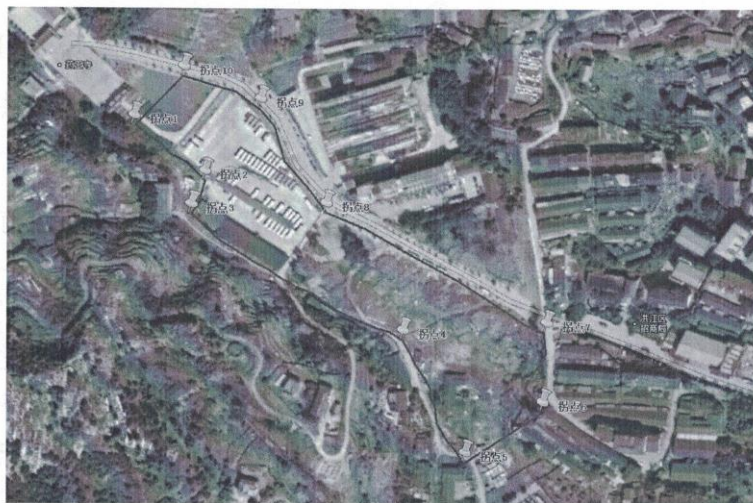
关于核定怀化市洪江区 3614 厂污染场地边界拐点坐标的说明

怀化市洪江区 3614 厂污染场地(以下简称“污染场地”)地处湖南省怀化市洪江区新街范家冲至罗汉山地段,毗邻洪江嵩云山景区药王寺旅游景点,据《怀化市洪江区 3614 厂地块土壤污染治理修复项目场地岩土工程勘察报告》(湖南恒炬勘查有限公司,2017.4)以及《怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目场地调查报告》(湖南华弘检测有限公司,2017.6)等技术资料,经我单位核实,该污染场地中心坐标:东经 109° 59′ 31″、北纬 27° 06′ 31″,污染场地总面积约 21331m²,边界拐点坐标如下:

拐点编号	x (m)	y (m)
拐点 1	3000125.83	37399916.07
拐点 2	3000186.67	37399964.03
拐点 3	3000162.82	37399995.01
拐点 4	3000082.08	37400042.46
拐点 5	2999994.13	37400192.88
拐点 6	2999961.57	37400187.93

拐点 7	2999954.90	37400113.51
拐点 8	2999993.75	37400053.34
拐点 9	3000032.93	37399971.82
拐点 10	3000075.52	37399921.90

附：污染场地边界范围图：



附件 6 补充检测报告（2020 年 8 月）



检 测 报 告

华域检字 J(2020) 第 0319 号

项目名称: 怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目土壤检测
送样单位: 怀化市生态环境局洪江区分局
检测类别: 送 样 检 测
报告日期: 2020 年 8 月 12 日

湖南华域检测技术有限公司
(检验检测专用章)

报告编制说明

- 1、本报告无本公司检验检测专用章、骑缝章无效。
- 2、本报告内容涂改，无审核签发者签字无效。
- 3、本报告只对本次检测结果负责。
- 4、由委托单位自行采样的样品，仅对送检样品分析数据负责，不对样品来源负责。
- 5、对检测报告若有异议，收到本报告之日起七日内向我公司提出。
- 6、本报告不得用于商业性宣传。
- 7、复制本报告中部分内容无效。

湖南华域检测技术有限公司

电话：0731-8645978

邮编：410006

邮箱：hnhystesting@163.com

地址：湖南省长沙市岳麓区玉莲路 32 号联东优谷 34A 栋

一、基本情况

项目名称	怀化市洪江区 3614 厂土壤治理项目土壤检测		
送样单位	怀化市生态环境局洪江区分局		
来样地址	怀化市洪江区		
检测项目	土壤：砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍、挥发性有机物、半挥发性有机物		
送样时间	2020 年 3 月 15 日 2020 年 6 月 24 日 2020 年 7 月 27 日	分析时间	2020 年 3 月 15 日-7 月 16 日 2020 年 6 月 24 日-7 月 16 日 2020 年 7 月 27 日-8 月 12 日
采样方法	来样送检		
备注	检测结果的不确定度：无 偏离标准方法情况：无 非标方法使用情况：无 分包情况：无 其他：“检出限（L）”表示检测结果低于方法检出限		

二、检测方法 & 仪器

检测类型	分析项目	分析方法	使用仪器	方法检出限
土壤	砷	《土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 2 部分：土壤中总砷的测定》 GB/T 22105.2-2008	原子荧光光度计 Pft7-2	0.01mg/kg
	镉	《土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法》 GB/T 17141-1997	原子吸收分光光度计 TAS-990	0.01mg/kg
	六价铬	《固体废物 六价铬的测定 碱消解/火焰原子吸收分光光度法》 HJ687-2014	原子吸收分光光度计 TAS-986AFG	0.5mg/kg
	铜	《土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法》 HJ 491-2019	原子吸收分光光度计 TAS-986AFG	1mg/kg
	铅	《土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法》 HJ 491-2019	原子吸收分光光度计 TAS-986AFG	10mg/kg
	汞	《土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第 1 部分：土壤中总汞的测定》 GB/T 22105.1-2008	原子荧光光度计 Pft7-2	0.002mg/kg
	镍	《土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法》 HJ 491-2019	原子吸收分光光度计 TAS-986AFG	3mg/kg
	挥发性有机物	《土壤和沉积物 挥发性有机物的测定 顶空/气相色谱-质谱法》 HJ 642-2013	气相色谱-质谱联用仪 6890N/5973N	0.08~0.26ug/kg
	半挥发性有机物	《土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法》 HJ 834-2017	气相色谱质谱联用仪 6890N-5973N	0.06-0.2mg/kg

华域检测

三、土壤（无机）检测结果

送样日期	来样标识	样品编号	样品状态	检测项目及结果 单位: mg/kg					
				镉	六价铬	铜	铅	汞	镍
2020.3.15	T1 (0-2m)	200315001	灰、沙壤土	0.32	0.5 (L)	14.9	24.5	0.426	12.4
	T3 (0-2m)	200315003	黄色、沙壤土	0.58	0.5 (L)	24.7	19.5	0.242	13.9
	T8 (0-2m)	200315006	黄、沙壤土	0.36	0.5 (L)	20.4	22.0	0.487	19.1
2020.6.24	T9 (0-2m)	03192006240007	黄、黏性、沙土	0.41	1.3	18.7	74.1	0.235	22.6
	T11 (0-2m)	03192006240008	黄、黏性、沙土	0.63	0.8	18.4	58.8	0.203	18.2
	T13 (0-2m)	03192006240009	黄、黏性、沙土	0.38	0.5	18.4	66.9	0.241	20.6

送样日期	来样标识	样品编号	样品状态	检测项目及结果 单位: mg/kg
				砷
2020.7.27	T1 (0-2m)	A200315001	灰、沙壤土	82.7
	T3 (0-2m)	A200315003	黄色、沙壤土	92.9
	T8 (0-2m)	A200315006	黄、沙壤土	90.8
	T9 (0-2m)	A03192006240007	黄、黏性、沙土	87.4
	T11 (0-2m)	A03192006240008	黄、黏性、沙土	84.9
	T13 (0-2m)	A03192006240009	黄、黏性、沙土	89.2

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

四、土壤挥发性有机物检测结果

送样日期	来样标识	样品编号	样品状态	检测项目及结果												单位:mg/kg	
				氯乙烷	1,1-二氯乙烷	二氯甲烷	反-1,2-二氯乙烷	1,1-二氯乙烷	顺-1,2-二氯乙烷	氯仿	1,1,1-三氯乙烷	1,2-二氯乙烷	四氯化碳	苯	三氯乙烷	1,2-二氯丙烷	甲苯
2020.3.15	T1 (0-2m)	20031 5001	灰、沙壤土	1.5×10 ⁻³ (L)	0.004	0.012	1.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	0.003	0.008	0.015	0.008	0.063	0.063	0.013	0.013	0.005
				1,1,2-三氯乙烷	四氯乙烷	氯苯	1,1,1,1,2-四氯乙烷	乙苯	间二甲苯+对二甲苯	苯乙烷	邻二甲苯	1,1,2,2-四氯丙烷	1,2,3-三氯丙烷	1,4-二氯苯	1,2-二氯苯	氯甲烷	氯甲烷
	T3 (0-2m)	20031 5003	黄色、沙壤土	0.009	0.003	1.1×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.2×10 ⁻³ (L)	3.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	0.004	1.0×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	0.007	1.0×10 ⁻³ (L)	3×10 ⁻³ (L)	甲苯
				氯乙烷	1,1-二氯乙烷	二氯甲烷	反-1,2-二氯乙烷	1,1-二氯乙烷	顺-1,2-二氯乙烷	氯仿	1,1,1-三氯乙烷	1,2-二氯乙烷	四氯化碳	苯	三氯乙烷	1,2-二氯丙烷	甲苯
				1.5×10 ⁻³ (L)	0.8×10 ⁻³ (L)	0.012	1.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	0.003	0.008	0.014	0.007	0.061	0.061	0.008	0.008	0.005
				1,1,2-三氯乙烷	四氯乙烷	氯苯	1,1,1,1,2-四氯乙烷	乙苯	间二甲苯+对二甲苯	苯乙烷	邻二甲苯	1,1,2,2-四氯丙烷	1,2,3-三氯丙烷	1,4-二氯苯	1,2-二氯苯	氯甲烷	氯甲烷
	T8 (0-2m)	20031 5006	黄、沙壤土	0.008	0.014	1.1×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.2×10 ⁻³ (L)	3.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	0.007	1.0×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	10.22	1.0×10 ⁻³ (L)	3×10 ⁻³ (L)	甲苯
				氯乙烷	1,1-二氯乙烷	二氯甲烷	反-1,2-二氯乙烷	1,1-二氯乙烷	顺-1,2-二氯乙烷	氯仿	1,1,1-三氯乙烷	1,2-二氯乙烷	四氯化碳	苯	三氯乙烷	1,2-二氯丙烷	甲苯
				1.5×10 ⁻³ (L)	0.004	0.003	1.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	0.005	0.003	0.029	0.011	0.057	0.057	0.012	0.012	0.005
				1,1,2-三氯乙烷	四氯乙烷	氯苯	1,1,1,1,2-四氯乙烷	乙苯	间二甲苯+对二甲苯	苯乙烷	邻二甲苯	1,1,2,2-四氯丙烷	1,2,3-三氯丙烷	1,4-二氯苯	1,2-二氯苯	氯甲烷	氯甲烷
				0.009	0.003	1.1×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.2×10 ⁻³ (L)	3.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	0.005	1.0×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	0.007	1.0×10 ⁻³ (L)	3×10 ⁻³ (L)	甲苯
				氯乙烷	1,1-二氯乙烷	二氯甲烷	反-1,2-二氯乙烷	1,1-二氯乙烷	顺-1,2-二氯乙烷	氯仿	1,1,1-三氯乙烷	1,2-二氯乙烷	四氯化碳	苯	三氯乙烷	1,2-二氯丙烷	甲苯

送样日期	来样标识	样品编号	样品状态	检测项目及结果												单位:mg/kg	
				氯乙烷	1,1-二氯乙烷	二氯甲烷	反-1,2-二氯乙烷	1,1-二氯乙烷	顺-1,2-二氯乙烷	氯仿	1,1,1-三氯乙烷	1,2-二氯乙烷	四氯化碳	苯	三氯乙烯	1,2-二氯丙烷	甲苯
2020.6.24	T9 (0-2m)	0319 2006 2400 07	黄、黏性、沙土	1.5×10 ⁻³ (L)	0.8×10 ⁻³ (L)	2.6×10 ⁻³ (L)	5.4×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	2.6×10 ⁻³ (L)	1.5×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	1.3×10 ⁻³ (L)	4.9×10 ⁻³ (L)	4.9×10 ⁻³ (L)	1.4×10 ⁻³ (L)	1.9×10 ⁻³ (L)	2.0×10 ⁻³ (L)
				1,1,2-三氯乙烷	四氯乙烷	氯苯	1,1,1,2-四氯乙烷	乙苯	间二甲苯+对二甲苯	苯乙烯	邻二甲苯	1,1,2,2-四氯丙烷	1,2,3-三氯丙烷	1,4-二氯苯	1,2-二氯苯	氯甲烷	
				1.4×10 ⁻³ (L)	0.8×10 ⁻³ (L)	1.1×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.2×10 ⁻³ (L)	3.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	5.2×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.2×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	3×10 ⁻³ (L)	
				氯乙烷	1,1-二氯乙烷	二氯甲烷	反-1,2-二氯乙烷	1,1-二氯乙烷	顺-1,2-二氯乙烷	氯仿	1,1,1-三氯乙烷	1,2-二氯乙烷	四氯化碳	苯	三氯乙烯	1,2-二氯丙烷	甲苯
	T11 (0-2m)	0319 2006 2400 08	黄、黏性、沙土	1.5×10 ⁻³ (L)	0.8×10 ⁻³ (L)	2.6×10 ⁻³ (L)	4.0×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	0.9×10 ⁻³ (L)	1.5×10 ⁻³ (L)	1.5×10 ⁻³ (L)	1.3×10 ⁻³ (L)	2.2×10 ⁻³ (L)	2.2×10 ⁻³ (L)	1.3×10 ⁻³ (L)	1.9×10 ⁻³ (L)	2.0×10 ⁻³ (L)
				1,1,2-三氯乙烷	四氯乙烷	氯苯	1,1,1,2-四氯乙烷	乙苯	间二甲苯+对二甲苯	苯乙烯	邻二甲苯	1,1,2,2-四氯丙烷	1,2,3-三氯丙烷	1,4-二氯苯	1,2-二氯苯	氯甲烷	
				1.4×10 ⁻³ (L)	0.8×10 ⁻³ (L)	1.1×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.2×10 ⁻³ (L)	3.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	1.3×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.4×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	3×10 ⁻³ (L)	
				氯乙烷	1,1-二氯乙烷	二氯甲烷	反-1,2-二氯乙烷	1,1-二氯乙烷	顺-1,2-二氯乙烷	氯仿	1,1,1-三氯乙烷	1,2-二氯乙烷	四氯化碳	苯	三氯乙烯	1,2-二氯丙烷	甲苯
	T13 (0-2m)	0319 2006 2400 09	黄、黏性、沙土	1.5×10 ⁻³ (L)	0.8×10 ⁻³ (L)	2.6×10 ⁻³ (L)	5.2×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	2.2×10 ⁻³ (L)	1.5×10 ⁻³ (L)	2.9×10 ⁻³ (L)	1.3×10 ⁻³ (L)	4.4×10 ⁻³ (L)	4.4×10 ⁻³ (L)	1.2×10 ⁻³ (L)	1.9×10 ⁻³ (L)	2.0×10 ⁻³ (L)
				1,1,2-三氯乙烷	四氯乙烷	氯苯	1,1,1,2-四氯乙烷	乙苯	间二甲苯+对二甲苯	苯乙烯	邻二甲苯	1,1,2,2-四氯丙烷	1,2,3-三氯丙烷	1,4-二氯苯	1,2-二氯苯	氯甲烷	
				1.4×10 ⁻³ (L)	0.8×10 ⁻³ (L)	1.1×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.2×10 ⁻³ (L)	3.6×10 ⁻³ (L)	1.6×10 ⁻³ (L)	1.3×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	1.5×10 ⁻³ (L)	1.0×10 ⁻³ (L)	3×10 ⁻³ (L)	
				氯乙烷	1,1-二氯乙烷	二氯甲烷	反-1,2-二氯乙烷	1,1-二氯乙烷	顺-1,2-二氯乙烷	氯仿	1,1,1-三氯乙烷	1,2-二氯乙烷	四氯化碳	苯	三氯乙烯	1,2-二氯丙烷	甲苯

五、土壤半挥发性有机物检测结果

送样日期	来样标识	样品编号	样品状态	检测项目及结果								单位: mg/kg		
				硝基苯	苯胺	2-氯苯酚	苯并[a]蒽	苯并[a]芘	苯并[b]荧蒽	苯并[k]荧蒽	蒽	二苯并[a,h]蒽	苊并[1,2,3-cd]芘	苯
2020.3.15	T1 (0-2m)	20031 5001	灰、沙壤土	0.09 (L)	0.09 (L)	0.065	0.1 (L)	0.1 (L)	0.2 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.09(L)
	T3 (0-2m)	20031 5003	黄色、沙壤土	0.09 (L)	0.09 (L)	0.071	0.1 (L)	0.1 (L)	0.2 (L)	0.1 (L)	0.113	0.1 (L)	0.1 (L)	0.09(L)
	T8 (0-2m)	20031 5006	黄、沙壤土	0.09 (L)	0.09 (L)	0.064	0.1 (L)	0.1 (L)	0.2 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.09(L)
2020.6.24	T9 (0-2m)	03192 00624 0007	黄、黏性、沙土	0.09 (L)	0.13	0.07	0.1 (L)	0.1 (L)	0.2 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.09(L)
	T11 (0-2m)	03192 00624 0008	黄、黏性、沙土	0.09 (L)	0.09 (L)	0.07	0.1 (L)	0.1 (L)	0.2 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.09(L)
	T13 (0-2m)	03192 00624 0009	黄、黏性、沙土	0.09 (L)	0.14	0.07	0.1 (L)	0.1 (L)	0.2 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.1 (L)	0.09(L)

报告结束

编制: 邵丹

审核: 孙小华

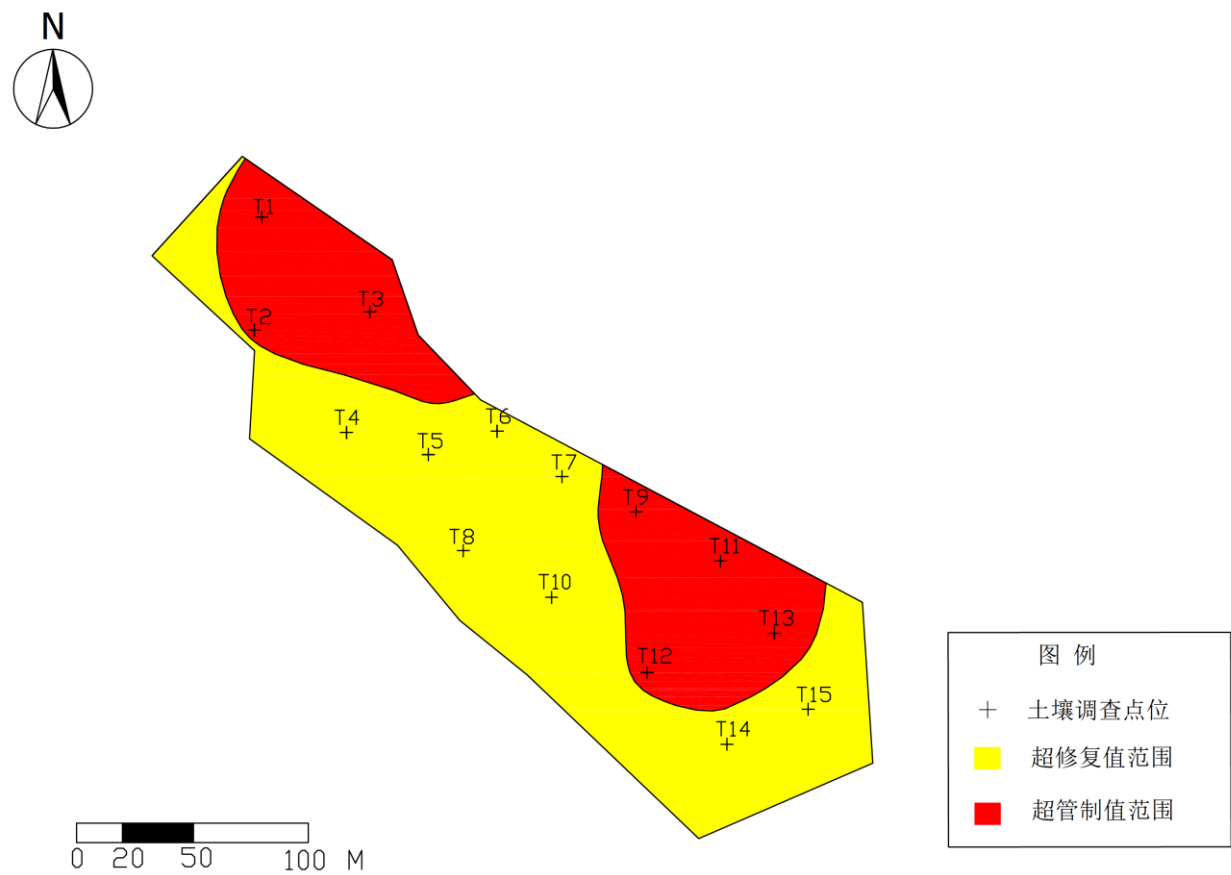
签发: 孙小华

日期: 2020.8.12



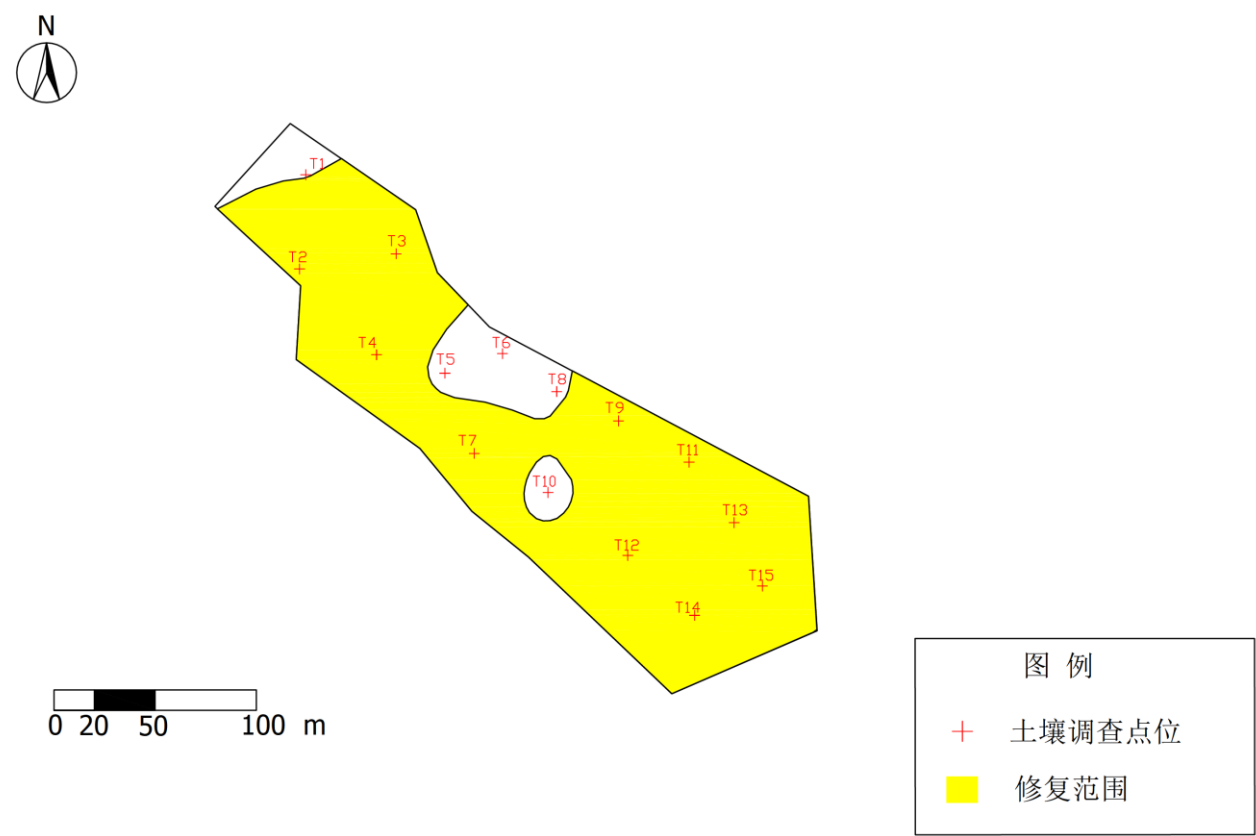
附图 1 第一层修复范围

砷污染修复范围图



附图 2 第二层修复范围

砷污染修复范围图



附图 3 各层修复、管控土壤投影叠加后范围

